

# NetLogo 기반의 과학탐구용 시뮬레이션 콘텐츠 개발 및 형성평가

우정훈† · 전영국 † †

## 요 약

본 논문의 연구목적은 탐구실험중심 과학교육의 실현 방법으로 고고보드와 NetLogo를 이용한 실제계와 가상세계를 연결해주는 시뮬레이션 콘텐츠를 설계 및 개발하는데 있다. 먼저 탐구실험 수업을 위한 컴퓨터 시뮬레이션과 로봇활용교육을 이용한 수업모형을 탐색하고 가상시뮬레이션과 실제실험을 연동할 수 있도록 컴퓨터 기반의 실험 장치(MBL)를 제작하였다. 이 장치를 토대로 중등과학교과내용 중 온도 변화(열평형)과 전기(저항과 전압과의 관계)단원 내용을 대상으로 시뮬레이션 콘텐츠를 제작하였다. 닫혀 있는 계에서의 온도변화가 같아지는 열평형반응을 탐구실험과 시뮬레이션으로 시각화하였으며, 전기단원의 저항과 전압과의 관계에서는 각 저항의 직렬연결을 이루었을 때, 각 저항에 걸리는 전류가 같고 전하의 흐름을 시뮬레이션 하였다. 중학생들을 대상으로 개발된 콘텐츠를 사용하게 하면서 시뮬레이션 사용 및 인터페이스에 대한 형성평가를 하였으며 컴퓨터 기반 과학교육에서 활용할 수 있는 방향성을 제시하였다.

주제어 : 시뮬레이션, 고고보드, NetLogo, 탐구실험, 형성평가

## Development and Formative Evaluation of Simulation Contents for Scientific Exploration based on NetLogo

Jeonghoon Woo † · Youngcook Jun † †

## ABSTRACT

This paper aims at implementing experimental devices with which middle school students can explore scientific ideas using GoGo Board and NetLogo that connect real and simulated worlds. Related research literature was reviewed to design a simulation-based learning model using computer simulation and robot-related activities. In order to construct devices for exploratory experiments, GoGo Board was adopted for developing the interface of Micro-Based Laboratory(MBL) devices with several sensors while NetLogo was used for connecting MBL devices (real world) and simulated experiments (virtual world). The simulation contents were developed in the area of heat equilibrium for changing temperature and the conduct-current relationship appeared in the textbook of middle school science class. With the developed device and contents students can visualize the change of temperature cold and hot waters in terms of heat equilibrium. They also can measure the change of conductor representing the relationship between conductor and current. The formative evaluation of the contents carried out with several middle school students indicated the future direction for upgrading simulation contents and interface. The results might be beneficial for science educators who want to apply simulation contents with the use of computers.

**Keywords** : Simulation, Modeling, NetLogo, Scientific Exploration, Formative Evaluation

---

† 정 회 원: 순천대학교 컴퓨터교육정보학과 석사  
 † † 종신회원: 순천대학교 컴퓨터교육과 교수(교신기자)  
 논문접수: 2014년 1월 21일, 심사완료: 2014년 2월 28일, 게재확정: 2014년 3월 3일

## 1. 서론

지난 10여 년 동안 ICT의 발전으로 연구자들은 전통 과학실험의 문제점을 ICT를 통해 문제를 해결하려고 노력하였다. 이러한 노력은 7차 교육과정에서 과학시수 축소 경향에 따라 과학실험을 대체할 수 있는 방안으로 모델링과 시뮬레이션 소프트웨어 개발로 이어지고 있다. 전통적인 수업보다 컴퓨터 기반 실험 수업에 참여하는 학생들은 실험에 관한 변인통제 및 실험 데이터 수집을 쉽게 할 수 있고, 도표 및 그래프로 표현함으로써 인지적인 이해력을 높일 수 있다[3][20]. 특히 컴퓨터 기반의 실험장치(Microcomputer Based Laboratory, 약어 MBL)를 사용하면 학생들은 그래프 분석, 통계적 적용, 변인 통제 등을 통하여 데이터 수집과 데이터의 정밀한 분석을 하는 등 ICT 기술의 활용을 극대화함으로써 개념 학습에 있어서 인지적 갈등을 줄이고 빠른 피드백을 통한 과학적 학습을 촉진하게 된다[6][7][8].

이러한 IT 기술은 최근 학문간, 기술간 융합을 통해 중등학교에서 융합교육의 일환으로 진행되고 있다. 융합이란 수학, 과학, 예술, 문화, 기술 분야를 융합적, 수렴적, 전체적으로 접근하는 것이다. 이러한 경향은 STEAM교육으로 나타나고 있으며 창의적 재량 활동의 일환으로 방과후 로봇교육으로 확대되고 있다. 로봇교육은 공학적인 설계와 각종 센서를 활용하는 전자공학, 로봇을 구동시키기 위한 물리적인 사고, 로봇을 제어하기 위한 프로그래밍 과정에서 문제해결력, 정교성, 창의력, 논리적 사고력 등 통합적 능력 배양에 효과가 있다[2][5][15]. 한편, MBL를 기반으로 하여 학생들이 센서와 관련된 과학지식의 탐색 및 응용 가능한 센서를 개발하는 로봇 활용 교육을 통하여 중등 융합 과학교과에 적용이 가능한 창의적이고 실제적인 교육 콘텐츠를 개발하는 것이 중요하게 대두되고 있다[9][10].

이에 본 연구의 목적은 컴퓨터 기반 실험 수업 중 시뮬레이션과 로봇 활용 교육을 접목함으로써 중학교 학생들이 과학교과 단원을 학습할 때 과학적 탐구능력을 높이도록 시뮬레이션 기반의 탐구실험 장치를 설계하고 콘텐츠를 제작하는데 있다[3][14][17]. 구체적으로 열평형 단원과 전압-

저항의 관계를 다룬 단원에서 시뮬레이션 모델을 기반으로 NetLogo와 고고보드를 이용하여 탐구실험 장치를 제작하였고 실세계와 가상 세계를 연결하는 시뮬레이션 콘텐츠를 개발한 후에 중학생들을 대상으로 형성 평가를 실시하였다[13].

## 2. 이론적 배경

과학실험 활동은 학생들의 탐구능력 향상과 과학적 태도의 배양에 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 실험 활동은 지적 발달, 탐구, 문제해결 기술을 촉진하는데 효과적일 수 있으며, 관찰과 조작을 통하여 과학 개념의 이해를 돕는다[4]. 이와 같이 실험 활동은 학생들이 문제를 해결하고 과학지식을 구성하는데 많은 이점을 지니고 있으며, 과학 교육과정에서 실험 활동의 중요성은 널리 알려져 왔다[1][21]. 그러나 과학실험에서 데이터를 수집하고 분석하는 일은 긴 시간을 필요하고 지루한 과정이기도 하다. 이러한 단점을 보완하고 과학교과와 IT 영역을 융합하는 차원에서 MBL의 도입이 활성화되었다[7]. MBL은 자연의 물리량을 전기적 신호로 변환하여 제공하는 센서, 센서로부터 받은 전기적 신호를 디지털 데이터 신호로 변환하여 컴퓨터로 전송하는 인터페이스, 실제 측정된 물리량을 컴퓨터 화면에 표현하고 가공하게 해주는 소프트웨어로 구성된다. 학생들은 MBL를 사용하면서 자신의 아이디어에 맞게 센서를 통하여 자료를 수집하고 컴퓨터 화면에서 분석 및 탐구 활동을 하게 된다. MBL 활용 수업에 참여한 중학교 학생들은 전통적인 교실수업반의 학생들보다 과학탐구 능력과 그래프 해석 능력에서 유의미한 집단간 차이를 보여주었다[8].

한편, 교과별 로봇 활용 교육에서 과학 탐구 영역은 로봇을 만들고 활용하는 과정을 가장 자연스럽게 포함한다. 따라서 로봇 자체가 탐구의 대상이며 로봇을 이용하여 자연현상에 대한 탐구나 실험관찰이 가능하다[2]. 로봇을 만드는 과정에서 과학의 핵심 개념들을 지목하여 상기시키는 것은 과학의 주요 개념을 반복하여 이해시키고, 그 과정에 활용되는 연산 능력을 강화하며, 수학이나 과학의 구체적 적용 사례를 보여준다는 측면에서 학습동기부여가 가능하다.

시뮬레이션은 실제와 유사한 상황을 컴퓨터 스크린에 표현하여 컴퓨터의 특성을 가장 잘 활용한 학습 방법이라 할 수 있다. 이러한 이유로 시뮬레이션은 학습자의 흥미와 동기 유발적 측면과 실제 상황과 유사한 상황에서 학습한다는 인식을 가져올 수 있다. 교육용 시뮬레이션의 유형은 의도한 학습 목표와 적용 내용에 따라 전문가들에 의해 다양하게 분류되고 있는데 일반적으로 Alessi와 Trollip의 분류가 받아들여지고 있다[18]. 이들에 의하면 시뮬레이션은 교육의 목적에 따라 내용을 가르치기 위하여 물리적, 과정적 시뮬레이션과 방법을 가르치기 위하여 절차적, 상황적 시뮬레이션으로 각각 분류할 수 있다. 절차적 시뮬레이션과 물리적 시뮬레이션에서는 학습자가 구체적인 시뮬레이션 과정을 조작하고 행위와 반응의 반복 수행을 통해 결과를 만들어가게 된다.

시뮬레이션 기반의 MBL 장치를 만들 때 사용되는 로봇키트는 매우 다양하다[23]. 그중에서 고고보드는 교육적 활용에 목적을 두고 만들어진 오픈소스 하드웨어 플랫폼이다[22]. 고고보드를 사용하는 학습자들은 고고보드를 활용하여 로봇을 만들고, 환경 데이터를 측정하고 기록하며 과학실험활동을 수행할 수 있으며, 게임키트를 제작하여 활용하는 등의 학습자 중심의 학습 활동을 진행할 수 있다. 고고보드의 특징은 개방성, 쉬운 조립, 간단한 구성요소와 낮은 가격이다. 개방성은 상업적인 목적이 아니다. 따라서 누구나 하드웨어와 소프트웨어 회로를 받아서 개발할 수 있으며 활용할 수 있다. 때로 학생들은 대형 인쇄 회로 기판(PCB: Printed Circuit Board)을 사용하여 초보자도 쉽게 납땜을 할 수 있으며 간단한 부품을 전자부품 상점에서 구입하여 저렴하게 제작할 수 있다[19].

이러한 고고보드를 제어하고 시뮬레이션 기반의 콘텐츠를 만드는 목적으로 개발된 것이 NetLogo이다. 이것은 Papert가 개발한 Logo 언어를 기반으로 하고 있기 때문에 학생들이나 초보 프로그래머도 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있다. NetLogo는 수백 또는 수천 개의 독립적인 개체들을 동시에 개시할 수 있어서 부분인 개체들의 행동과, '전체'인 개체간의 상호작용으로부터 나타나는 패턴 사이의 연결을 가능하게 한다. 특히 행위

자(에이전트)를 기반으로 한 모형개발환경의 대표적인 프로그래밍 언어로써 창발현상을 시뮬레이션 하는데 매우 적합한 프로그램 모델 환경이다 [16][20].

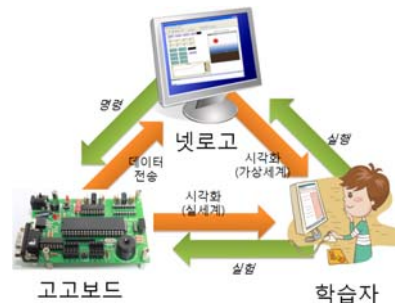
### 3. 시뮬레이션 기반 탐구실험용 장치 및 콘텐츠 개발: 열평형 단원

#### 3.1 모델 설계

본 연구는 고고보드와 NetLogo 프로그램을 활용하여 실세계와 가상세계를 연결해주는 시뮬레이션 콘텐츠를 설계 및 개발하는 방법을 제공함으로써 보나 나온 과학탐구 학습 환경을 확보하고자 한다[17]. Alessi와 Trollip의 교수설계 모형에 따라 과학 실험용 장치를 먼저 만들고 시뮬레이션 콘텐츠를 설계하고 NetLogo로 구현하였다 [18]. [그림 1과 2]는 학습자가 탐구실험 장치를 통해 실험과 학습을 하는 과정을 도표로 보여준다.



[그림 1] 시뮬레이션 기반 탐구실험 시스템 구조



[그림 2] 시뮬레이션 실험을 통한 학습과정

구체적인 콘텐츠 설계를 위하여 중학교 7차 교육과정에서 새롭게 도입된 8학년 1단원에서 ‘열에

너지' 단원을 분석하였다[11]. 이 단원이 도입되면서 교사는 열 현상에 대한 내용을 온도 개념에서부터 열, 열에너지, 열평형, 비열, 열용량, 열팽창까지 체계적으로 가르치도록 교육과정이 구성되어 있다. 중학교 2학년 학생들은 이 단원에서 컴퓨터 기반의 실험(MBL) 장치를 이용하여 물의 온도 변화를 측정하고 열평형에 관한 실험과 개념적 이해를 하는 활동을 하게 된다[11, pp25-28].

### 3.2 열평형 시뮬레이션 모델 설계

온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 열이 이동하여 더 이상 온도 변화가 없는 상태를 열평형 상태라고 한다. 열평형 상태를 이루기 위한 중요 법칙인 열량보존의 법칙을 알아야한다. 외부 환경과 고립된 계에서 온도가 다른 두 물질을 접촉시켜 보자. 이때 계가 외부 환경과 고립되어 있다는 말은 계와 환경 사이에 어떠한 형태의 에너지의 이동도 일어나지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 계 내부에 존재하는 두 물질 사이에서만 에너지의 교환이 이루어진다. 시간이 많이 흐르면 전도, 복사, 대류 등의 작용에 의해 고온의 물체는 온도가 내려가고 저온의 물체는 온도가 올라간다. 잠시 후에 두 물체는 온도가 같아지게 되는데 이처럼 온도가 같아져 더 이상 두 물체간에 열이라는 형태의 에너지의 이동이 없을 때 계가 열평형 상태에 도달했다고 얘기한다. 이때 에너지 교환 과정 중 고온의 물체가 잃는 열의 양이 저온의 물체가 얻는 열의 양과 같다는 것이다.

어떤 물질의 비열을  $c$ 이고 질량이  $m$ 인 어떤 물질의 온도를  $\Delta t$ 만큼 높이는데 필요한 열량을  $Q$ 라 할 때  $Q = m \times c \times \Delta t$ 로 표현된다. 물의 비열을 1이라고 정했을 때 서로 다른 온도의 물  $T_1$   $m_1$ kg과  $T_2$   $m_2$ kg과 접촉시켜 열평형 상태에 도달했을 때의 온도  $T$ 를 측정하는 관계식을 열량 보존의 법칙으로부터 다음과 같은 관계식을 쓸 수 있다.

$$Q = 1 \times m_1 \times (T_1 - T) = 1 \times m_2 \times (T - T_2)$$

열평형에 도달했을 때의 온도  $T$ 는

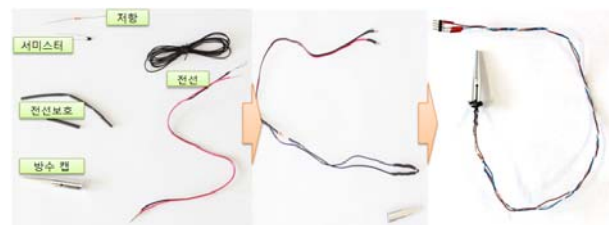
$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$$

로 표현된다. NetLogo에 표현된 노란색 상자는

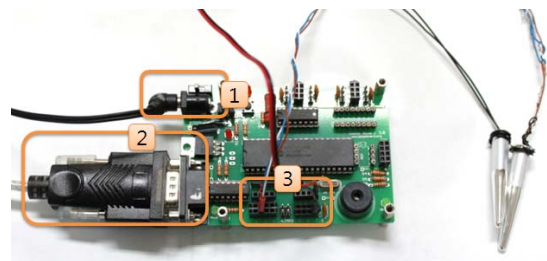
이상적인 단열재로 외부로의 열의 이동이 없고 전달받은 에너지는 양쪽 물로만 전달된다. 각 분자는 자유롭게 이동하고 있으며 노란색 상자에 부딪혔을 때 서로의 온도의 차만큼의 일정비율로 온도가 높은 물은 에너지가 감소하고 온도가 낮은 물은 에너지가 증가하게 된다. 좌우 전체의 물의 온도는 전체 분자가 가지고 있는 에너지의 총합으로 표시된다.

### 3.3 고고보드 사용 시뮬레이션 장치

초등학교 열평형 탐구실험 장치를 구현하기 위한 준비물은 고고보드, 온도에 따라 물질의 저항이 변화하는 성질을 이용한 전기적 장치인 서미스터(thermistor) 2개(저항, 전선 포함), 비커 2개, Netlogo가 설치된 컴퓨터, 뜨거운 물, 차가운 물이다. 여기서 온도 변화를 측정하기 위하여 온도 센서가 필요한데 이것을 제작하기 위하여 서미스터, 저항 3k $\Omega$ , 전선, 전선보호튜브, 방수 캡(연필 케이스 사용)을 사용한다.



[그림 3] 온도 센서 부품 및 제작 과정

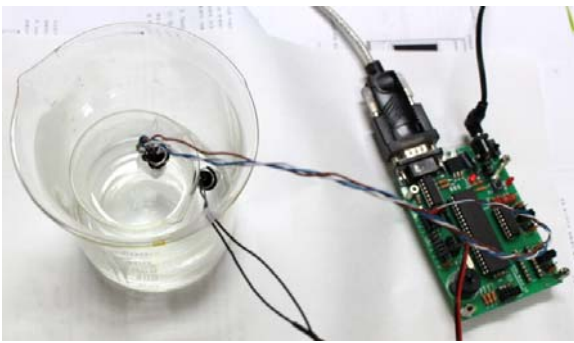


[그림 4] 기본 장치

[그림 3]과 같은 방법으로 2개의 온도센서를 제작한다. 고고보드에 전원을 연결하기 위하여 6~9V까지 사용이 가능한 전원이 필요하다. 각 부품을 결합하여 기본 장치를 구성하면 [그림 4]와 같다. 이렇게 직접 온도 센서를 제작하는 활동은

시간이 걸리더라도 학생들에게 과학적 태도와 창의적 문제해결력을 증진시키는 효과를 거둘 수 있다[9].

탐구실험 장치를 구성하기 위하여 먼저 기본 장치와 실험을 할 수 있는 환경을 만들어야 한다. 열평형 모델링을 실험을 하기 위해 100mL, 500mL 비커 2개와 차가운 물, 뜨거운 물을 준비한다. 500mL 비커에 입력부 8번에 연결된 온도센서를 고정하고, 100mL 비커에 입력부 2번에 연결된 온도센서를 고정한다. 500mL 비커에 차가운 물(0℃) 100mL를 붓고, 100mL 비커에 뜨거운 물(100℃) 100mL를 붓는다. 작은 비커를 큰 비커 안에 넣게 되면 열평형은 진행되기 시작한다[그림 5].



[그림 5] 탐구 실험 장치

### 3.4 NetLogo 열평형 모델링 콘텐츠 개발

실세계에서 실험할 수 있는 고고보드 기반의 장치를 만든 후에 실제 열평형이 진행되는 과정을 시뮬레이션 하기 위하여 NetLogo로 프로그래밍 하였다. 비커 안의 비커는 하나의 수조 안으로 막아져있는 모습으로 표현하고, 뜨거운 물의 입자는 빨간 동그라미로, 차가운 물의 입자는 파란색 동그라미로 표현하였다[그림 6].

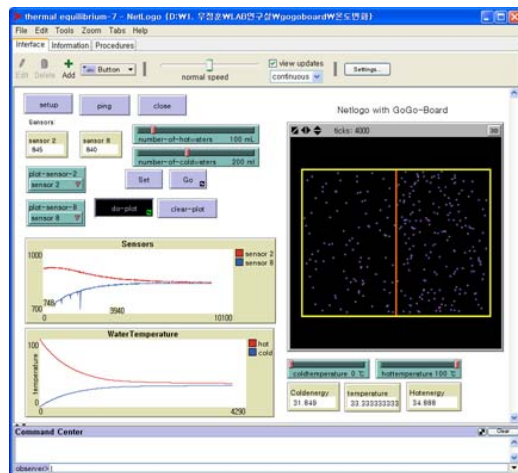
온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체로 열이 이동하여 더 이상 온도 변화가 없는 상태를 열평형 상태라고 한다. 열평형 상태를 이루기 위한 중요 법칙인 열량보존의 법칙은 두 물체 사이에 에너지를 교환하는 과정 중에서 고온의 물체가 잃는 열의 양이 저온의 물체가 얻는 열의 양과 같음을 알려준다.

어떤 물질의 비열을  $c$ 이고 질량이  $m$ 인 어떤 물

질의 온도를  $\Delta t$ 만큼 높이는데 필요한 열량을  $Q$ 라 할 때  $Q = m \times c \times \Delta t$ 로 표현된다. 물의 비열을 1이라고 정했을 때 서로 다른 온도의 물  $T_1$   $m_1$ kg과  $T_2$   $m_2$ kg과 접촉시켜 열평형 상태에 도달했을 때의 온도  $T$ 를 측정하는 관계식을 열량 보존의 법칙으로부터 다음과 같은 관계식을 쓸 수 있다.  $Q = 1 \times m_1 \times (T_1 - T) = 1 \times m_2 \times (T - T_2)$  열평형에 도달했을 때의 온도  $T$ 는 아래 식으로 표현된다.

$$T = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$$

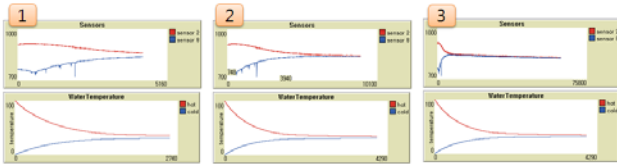
NetLogo로 제작한 시뮬레이션 콘텐츠에 표현된 노란색 상자는 이상적인 단열재로 외부로의 열의 이동이 없고 전달받은 에너지는 양쪽 물로만 전달된다. 각 분자는 자유롭게 이동하고 있으며 노란색 상자에 부딪혔을 때 서로의 온도의 차만큼의 일정비율로 온도가 높은 물은 에너지가 감소하고 온도가 낮은 물은 에너지가 증가하게 된다. 좌우 전체의 물의 온도는 전체 분자가 가지고 있는 에너지의 총합으로 표시된다.



[그림 6] 탐구실험 후 모델링 콘텐츠

실세계에서 고고보드를 이용한 열평형 실험과 NetLogo 기반의 시뮬레이션 콘텐츠를 동시에 작동시키면 [그림 7]처럼 시간이 흐를수록 뜨거운 물과 차가운 물 사이의 에너지의 차이가 점차 줄어들어간다. 에너지의 차가 적어지게 됨으로써 분자간의 충돌이 이루어져 에너지의 교환이 될 때 교환

되는 에너지의 변화도 감소한다. 결국 많은 시간이 흘러가면 두 물체는 열평형을 이룬다. 학습자는 시간의 추이에 따라 두 물체 사이의 온도 변화가 어떻게 나타나는지 그래프를 통해 확인하게 된다.



[그림 7] 시간의 흐름에 따른 그래프

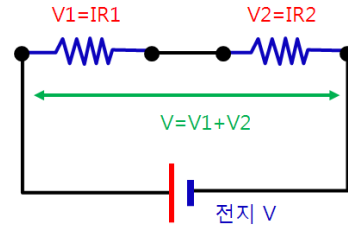
#### 4. 시뮬레이션 기반 탐구실험용 장치 및 콘텐츠 개발: 전압과 저항 단원

중학교 3학년 교육과정에서 제시된 전기와 관련된 학습목표를 보면 학생들은 전류의 방향 및 전자의 이동 방향을 알고, 전류의 세기를 측정하며, 전류가 흐를 때 전하가 보존됨을 알아야 한다. 또한 그들은 과학 실험을 통하여 전압과 전류의 관계를 밝히고 이를 저항의 직렬 연결과 병렬 연결에 적용한다는 내용을 이해해야 한다. 전기 저항 단원에서 “저항은 전류를 방해해” 소단원에서 니크롬선의 길이와 굵기에 따라 전기 저항이 어떻게 달라지는지 실험해 보기 활동에 해당된다 [12, p265-p267].

##### 4.1 전압-저항 시뮬레이션 모델 설계

전류가 두 전위 사이를 흐를 때 저항을 직렬로 여러 개 연결하면 전류가 각 저항을 통과할 때마다 옴의 법칙 [전압(V) = 전류(I) × 저항(R)]만큼 전압이 작아져 나타나는 현상을 전압강하라 한다. 이때 전체 전압은 각각에 걸린 전압의 합이 된다. 처음 저항 R<sub>1</sub> 하나에만 전원을 연결했을 때, 저항 R<sub>1</sub>에 걸리는 전압 V<sub>1</sub>은 전체 전압과 같이 V 이지만, 다른 저항 R<sub>2</sub>를 연결 했을 경우 V<sub>2</sub>만큼 전압이 강하되어 걸리게 된다. 그리고 전체 전압 (V)은 각각에 걸리는 전압(V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>)의 합이 된다. [그림 9]를 계산해보면 직렬연결 저항의 경우 전류가 같으므로 옴의 법칙 의해 V = I R<sub>1</sub> + I R<sub>2</sub> = I (R<sub>1</sub> + R<sub>2</sub>)로부터 전류를 구하고, 다시 옴의

법칙을 사용하면 저항 R<sub>2</sub>에 의해 강하된 전압 V<sub>2</sub> = I R<sub>2</sub>을 구할 수 있다.



[그림 8] 저항에 의한 전압강하

식에서 보듯이 전압 강하용으로 사용된 저항의 크기가 클수록 전압 강하는 커진다. 그리고 두 개의 저항이 있는 회로에서 R<sub>2</sub>에 의한 전압 강하 비율은 다음과 같다.

$$\text{전압강하비율} = V_2 / V = I R_2 / [ I (R_1 + R_2) ] = R_2 / (R_1 + R_2)$$

탐구실험 장치에서 저항A는 일정하게 2옴으로 유지하고, 저항B를 통과한 전압강하와 기본전압을 측정하여 연결된 저항을 구하기 위하여 전압강하 비율 공식과 옴의 공식을 이용하였다.

전압은 V<sub>1</sub>+V<sub>2</sub>=V<sub>0</sub>이다. 옴의 정의에 직렬저항일 때 전류는 일정하므로  $I = \frac{V_0}{R_1 + R_2} I$  이다.

V<sub>1</sub> = I × R<sub>1</sub> 이고 I에  $I = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$  를 대입하면

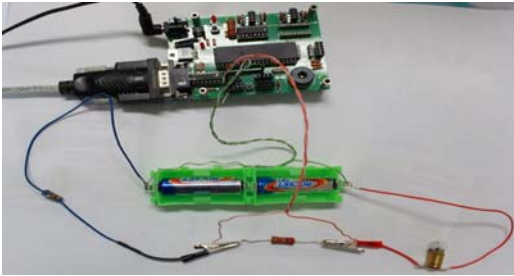
$$V_1 = \frac{V_0}{R_1 + R_2} \times R_1 \text{ 를 전압비율로 나타내면}$$

$\frac{V_1}{V_0} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$  로 나타내어진다. 여기서 V<sub>0</sub>, V<sub>1</sub>는 측정값이고, R<sub>2</sub>는 이미 알고 있는 저항 값이므로 R<sub>1</sub>을 구할 수 있다.

##### 4.2 고고보드 사용 시뮬레이션 장치

저항에 따른 전압변화 탐구실험 장치를 구현하기 위한 준비물은 고고보드, 꼬마전구 및 소켓 1개(전선 포함), 저항(1Ω, 2Ω, 10Ω, 100Ω), 건전지 2개(건전지 케이스포함), 스위치 1개 등이다. 고고보드에서 0~5V의 전압의 측정이 가능하므로 건전지와 건전지케이스를 직렬로 연결하여 3V의 전압을 맞춘다. 기본 전압을 측정할 수 있도록 건전지의 +부분과 고고보드의 6번 입력부를 연결한

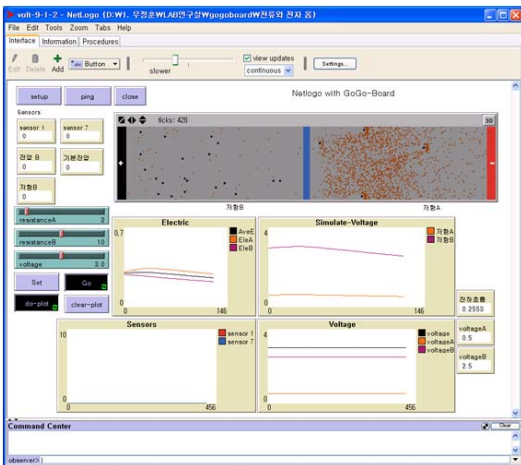
다. 스위치를 연결하여 전기의 흐름을 학습자가 제어할 수 있도록 하였고 꼬마전구를 이용하여 저항의 따른 불의 밝기를 확인 할 수 있도록 하였다. 이런 절차를 거쳐 제작된 탐구실험 장치는 다음과 같다[그림 9].



[그림 9] 저항에 따른 전압변화 탐구실험 장치

### 4.3 NetLogo 저항-전압 모델링 콘텐츠

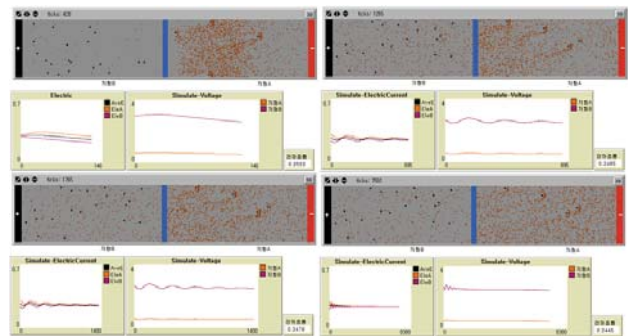
물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르듯이 전하는 전기적인 위치에너지가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하도록 저항-전압 모델링 콘텐츠를 설계하였다. 전류의 크기를 나타내는 단위는 암페어(A)이다. 1A는 도선의 임의의 단면적을 1초 동안 1C(쿨롬)의 전하가 통과할 때의 크기다. 실제로 1A의 전류가 흐르는 도선에는 1초에 약  $6.25 \times 10^{18}$  개의 자유전자가 단면적을 통과한다.



[그림 10] 저항-전압 모델링 콘텐츠

각각의 전하는 오렌지색 원으로 자유전자를 표현하였다. 파란색 라인은 전선의 연결 부분으로 표현하여 저항의 위치를 구분 지었다. -전지 방향에 가까운 저항은 저항A, +전지 방향에 가까운

저항은 저항B로 명명하였다[그림 11]. 저항의 수치에 따라 흘러가는 전하의 양은 달라진다. 저항에 따라 전압강하가 이루어져 전위차가 다르기 때문에 전하의 이동속도가 다르다. 하지만 전류는 일정하게 흘러야 하므로 시간의 흐름에 따른 통과되는 전하의 수는 일정해야 한다. 저항B는 전체 전하의 수가 적어 보이지만 빠르게 흘러가고 저항A에서는 전하의 수가 많아 보이지만 천천히 흘러감을 알 수 있다.



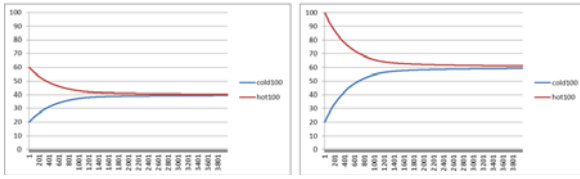
[그림 11] 시간의 흐름에 따른 전압변화

## 5. 시뮬레이션 콘텐츠의 형성평가

### 5.1 BehaviorSpace를 사용한 모델 평가

본 연구에서 다루는 시뮬레이션 콘텐츠의 정확도를 측정하기 위하여 NetLogo에서 제공하는 BehaviorSpace를 이용하여 모델에 대한 평가를 하였다. 통상 사용자가 입력변수를 조절하면서 다양한 조건의 실험을 할 수 있지만 많은 시간을 필요하고, 데이터가 저장되지 않는 어려움이 발생한다. BehaviorSpace는 이러한 다양한 조건에 대하여 반복적으로 실행을 해주고 각 실험의 데이터를 엑셀파일로 저장해준다.

BehaviorSpace로 열평형에 대한 가상실험을 한 결과 데이터가 생성된 파일[그림 12]을 엑셀로 이용하여 분석하였다. 같은 실험을 10번 반복 실행한 값은 똑같지 않지만 비슷한 결과 값을 가지고 있다. 이 결과의 평균을 가지고 그래프로 나타내면 신뢰도 높은 결과 값을 얻는다.



[그림 12] 서로 같은 질량이고 온도가 같지 않을 때 시뮬레이션 결과

이러한 결과를 토대로 보면 실제 과학실험에서 투입하는 물에 대한 온도와 시뮬레이션에서 다루는 물의 온도가 다른 경우에 다른 그래프 결과가 나오므로 실제세계와 가상세계를 일치시키는 기능이 필요하다. 가상 시뮬레이션에서 초기 물의 온도에 대한 입력값을 실제 정확하게 온도계를 사용하거나 사용자가 초기 온도값을 입력할 수 있도록 하는 기능을 추가하는 것이 바람직하다.

## 5.2 탐구 실험장치와 시뮬레이션 콘텐츠에 대한 형성 평가

본 연구에서 제작된 과학탐구 실험장치의 사용에 대한 반응을 알아보기 위하여 먼저 K중학교 1학년 1명(남학생)이 [그림 13]과 [그림 5]에서 보는 바와 같이 실험 장치에 온도가 찬 물과 뜨거운 물을 두 개의 비커에 붓고 실제 탐구 장치에 내장된 온도 센서에 따라 온도가 변화되는 것을 그래프로 관찰하였다. 또한 이 학생은 이러한 온도 변화에 대하여 가상 시뮬레이션 콘텐츠가 보여주는 그래프를 관찰하였다. 연구자는 학생의 활동을 비디오로 촬영하면서 탐구 장치 및 시뮬레이션 콘텐츠 사용에 대하여 질문을 하였다. 이 학생은 실제 과학실험하는 것과 가상으로 시뮬레이션 하는 과정을 같이 보여주는 부분에 대하여 긍정적인 반응을 보여주었다.

“그냥 과학 실험한 거는 완전히 우리가 물 분자와 이동하는 것을 그런 것들을 잘 볼 수 없고 그냥 서로 온도만 딱 볼 수 있는데 이것은 온도가 어느 쪽에서 평행하는가는 인제 온도가 움직일 때 시뮬레이션을 보면서 할 수 있으니까 더 좋은 거 같아요.”

또한 이 학생은 실제 세계의 실험결과와 가상 세계의 시뮬레이션 결과가 서로 일치시킨다는 측면에서 정확한 온도에 대한 그래프를 온도계로 사용하는 것을 선호하였다. “이제 좀 더 정확하고

시간이.. 정확한 거 좋아하고 시간이 좀 많이 있으면 온도계로 하는 게 좋을 것 같아요.”



[그림 13] 중학생이 실험에 참여하는 모습

한편, 시뮬레이션 콘텐츠를 구체적으로 보완할 부분을 탐색하기 위하여 전남 지역의 G여자 중학교에 다니는 3학년 학생들 3명을 대상으로 형성평가를 실시하였다[13]. 연구자는 과학에 대한 태도, 열평형 및 저항-전압 시뮬레이션에 대한 사용자의 반응, 화면 구성의 적절성 등에 관하여 미리 질문을 준비하였다. 참여 학생들은 시뮬레이션을 사용하면서 느낀 점을 이야기 하였고 일련의 과정을 동영상으로 촬영하였다. [표 1]은 참가자들이 과학과 관련된 태도와 시뮬레이션 콘텐츠 사용에 대한 반응을 요약한 형태로 보여준다.

대체로 참여 학생들은 시뮬레이션 콘텐츠가 정적인 과학교재보다 더 도움이 될 것으로 보았다. 또한 실험의 과정을 통해 분자가 변화하는 모습을 보면서 온도의 변화 및 전압의 변화를 시각적으로 보여주는 상호작용적 특성이 학습에 도움이 될 것으로 여겼다. 흥미로운 부분은 자신의 과학 실력에 따라 다른 반응을 보인 부분은 그래프의 적절성에서 두드러지게 나타났다. 상 수준의 학생 L과 K는 그래프의 기능이 마음에 드는 반면에 하 수준의 학생 J는 그래프가 제시하는 바를 이해하는데 다소 어려움을 느꼈다[8].

세 명의 학생들 모두 공통적으로 지적한 부분은 인터페이스이다. 분자의 움직임을 표현하는 역동적인 화면 제시가 학생들에게 징그러운 것으로 보였으며 좀 더 친근한 부분으로 대체해야 할 것으로 드러났다. 또한 부분별로 제시하는 화면의 네모가 너무 많아서 딱딱한 디자인으로 여기는 등 중학생 수준에서 부드러운 인터페이스로 수정 보완해야 할 요소로 포착되었다[20].

참여 학생들은 시뮬레이션 콘텐츠를 사용하면



서 흥미와 편리성을 느꼈으며 힘들게 실험하지 않아도 쉽게 알 수 있는 콘텐츠로 인식하였다. 그러나 상 수준의 학생은 저항-전압에 대한 콘텐츠에 대하여 말로 설명 하는 것보다 재미있는 것

반응을 토대로 한 형성 평가의 결과는 다음과 같이 향후에 콘텐츠를 보완할 방향성을 제시해 주고 있다. 첫째, 과학탐구의 수준에 따라 시뮬레이션 콘텐츠에 대한 시각적 요소를 차별화시켜 제

평가 영역	질문내용	중학생 J	중학생 L	중학생 K
사용자의 배경 정보	과학시간 흥미	별로 좋아하지 않음	요즘 재미있는 것 같다, (전해질과 이온) 이론이 더 재미있다.	그다지 흥미가 크지 않다
	자신의 과학 실력	중 이하	보통 이상	상
	과학 수업에서 실험의 도움 정도	잘 생각나지 않음	이론 수업이 자신에게 더 좋다	실험이 더 자신에게 도움이 되는 것 같다
시뮬레이션에 대한 반응	시뮬레이션 편리도	힘들게 실험하지 않아도 쉽게 이해할 수 있다.	도움이 많이 될 것 같다	뜨거운 물은 위험한데 가상세계에서 다루므로 위험하지 않다
	시뮬레이션 흥미도	재미있는 것 같다	분자가 어떻게 바뀌는지 보이니까 재미있는 것 같다	이론보다 시뮬레이션 하는 것이 도움이 될 것 같다
	시뮬레이션 내용 이해와 만족도	이런 방식으로 실험하면 재미있을 것 같다. 이해 정도가 빠를 것 같다	물의 양을 조절할 수 있어서 실험할 때 도움이 될 것 같다	열평형 및 저항-전압 내용을 이해하는데 알아보기 쉽다. 분자의 변화를 볼 수 있어서 도움이 된다.
인터페이스	전체적인 화면 구성	분자의 모양을 다르게 하면 좋겠다. 찬물과 뜨거운 물이 서로 섞이는 과정을 이해하기 어렵다.	징그럽다. 물 분자 모양으로 바꾸면 좋겠다, 영어로 되어 있어 어렵다.	(네모 상자가 많아서) 디자인이 딱딱하다
	그래프의 적절성	이해하기 어렵다	자세히 표현되어 있어서 온도 변화를 쉽게 알 수 있다.	그래프가 제공되어 편리하다.
	수치 표현 적절성	눈에 들어오지 않는다	수치를 세세하게 표시하면 좋겠다	정확해서 좋다

[표 1] 중학교 학생들의 시뮬레이션 콘텐츠 사용에 대한 반응

같지만 직접 실험하는 것보다 내용을 각인하기 어려워 직접 실험과 가상 세계의 시뮬레이션의 장점의 중간 지점에 위치하는 것으로 간주하였다.

## 6. 결론

본 연구에서는 고고보드와 NetLogo를 사용하여 실세계와 가상세계를 연결해주는 탐구실험 장치를 설계 및 개발하였다[14][17]. 이러한 장치와 시뮬레이션 기반의 콘텐츠를 사용한 중학생들의

공한다. 둘째, 그래프가 의미하는 바를 수준이 낮은 학생들에게 설명해 주는 텍스트를 제공한다. 셋째, 분자의 움직임에 대한 시각적 모양을 친근하게 제시한다. 넷째, 박스 형태가 많은 부분을 친근한 인터페이스로 수정한다.

### 6.1 탐구 실험장치와 시뮬레이션 콘텐츠의 특징

본 연구에서 제시한 고고보드와 NetLogo 기반

의 중등과학교과의 열평형 및 전기분야의 수업 콘텐츠는 학생들에게 지루하기 쉬운 교과서 수업을 탈피하고 실제 고고보드를 사용한 실험에 참여하면서 동시에 가상세계를 연결해주는 시뮬레이션 결과를 확인함으로써 과학적 탐구 활동을 촉진하는 효과를 거둘 수 있다. 또한 이러한 탐구 실험 장치는 실제 실험에서 나타나는 결과를 그래프를 통해 확인하면서 시뮬레이션 콘텐츠를 통해 실험의 과정을 시각적으로 이해함으로써 MBL 기반의 구성주의적 학습으로 연계시킬 수 있다 [1][16]. 본 연구에서 실시한 시뮬레이션 콘텐츠 사용에 대한 형성평가를 통해 학생들의 과학학습에 대한 수준에 따라 그래프의 사용에 대한 선호도가 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. MBL 활용 수업에 참여한 중학교 학생들이 전통적인 교실수업반의 학생들보다 과학탐구 능력과 그래프 해석 능력에서 유의미한 집단간 차이를 보여준 것[8]과 같은 결과를 얻지 못하였지만 시뮬레이션 과정을 표현하는 물 분자 표현에 관한 시각적 제시와 그래프를 포함한 인터페이스를 개선하는 구체적인 요인을 도출하였다.

형성 평가를 하는 과정에서 학생들은 고고보드 없이 NetLogo만을 이용하여 가상 시뮬레이션을 할 수 있는 장점을 파악하였다. 이것은 실제 세계에서 나타나는 실험 오차 및 외부요인에 의한 결과의 오류 발생이 근본적으로 제거되어 있기 때문에 추상적인 과학적 개념들의 이해를 시뮬레이션을 통해서 구체화 할 수 있다. 이러한 디지털 학습환경에서 시뮬레이션 콘텐츠를 사용하는 중학생들은 균형잡힌 교사의 도움을 토대로 과학 실험에 관련된 다양한 변수를 조작함으로써 자신들의 과학적 탐구 능력을 발휘하는 구성주의적 학습의 혜택을 받게 된다[15]. 초등학교 과학 수업에서 AR 콘텐츠를 사용한 기존의 연구를 살펴보면 자료의 조작과 활용 등을 통하여 토론과 자료 작성 등에 관련된 학생들의 능동적인 활동을 효과적으로 지원해 주는 콘텐츠가 중요함을 시사하였다[4]. 열평형과 전기 단원에서 과학탐구에 관련된 요소를 세분화하여 학생들의 탐구 활동을 효과적으로 지원하는 요소를 도출하는 부분은 향후 과제로 남긴다.

## 6.2 컴퓨터 기반 융합교육에서의 적용

본 연구에서 개발된 시뮬레이션 콘텐츠는 학습자에게 실제 탐구실험의 시간을 줄이고 눈으로 확인이 불가능한 분자들의 움직임을 시뮬레이션을 이용하여 시각적으로 학습하면서 가상현실과 실제세계에 의해 경험을 자신의 지식으로 구성할 수 있도록 도와준다[16][20]. 이러한 콘텐츠를 사용하는 과학교사는 컴퓨터를 이용하여 학생들의 가상 실험을 보조하거나 시뮬레이션 콘텐츠를 이용한 실험 과정에 대한 이해 및 시각적 그래프를 통하여 학습에 도움을 줄 수 있다. 마찬가지로 컴퓨터교사는 ICT와 과학 수업을 연계하여 방과 후 로봇교육의 일환으로 실제세계와 가상실험을 연동하는 수업활동으로 진행할 수 있다[5][10].

또한 중학생 수준이라도 전자부품 사용과 ICT 활용에 조금만 관심이 있다면 고고보드와 전자부품 재료를 구입하여 직접 제작할 수 있다. 특히 과학탐구학습에서 실험을 할 때 다양한 센서들이 필요하게 되는데 이때 필요에 따라 직접 만들어 사용할 수 있으므로 담당 교사는 구성주의적 교수-학습방법의 일환으로 수업을 진행할 수 있다 [9]. 이러한 시뮬레이션 콘텐츠를 사용하는 과학교사는 향후에 프리웨어로 제공되는 NetLogo를 학생들에게 소개함으로써 직접 가상세계와 실제세계를 연결하는 프로젝트를 제공함으로써 창의적 문제해결 능력을 향상시키는 부수 효과를 거둘 수 있다[6]. 또한 과학교사는 고고보드뿐만 아니라 아두이노 보드[23]를 사용함으로써 MBL 콘텐츠를 개발할 수 있으며 IT와 과학교과를 연계하면서 로봇활용교육의 일부와 과학탐구 활동을 접목한 새로운 형태의 STEAM 융합교육으로 발전시킬 수 있다[5][15].

## 참 고 문 헌

- [1] 박승재, 조희영. (1994). 과학론과 과학교육. 교육과학사.
- [2] 박정호, 김철 (2010). 초등학교 교과통합 로봇활용교육 프로그램 개발에 관한 연구. 한국정보교육학회 논문지, 14(1), 35-44.
- [3] 강명희, 김혜선, 이정민 (2011). 웹 기반 과

- 학실험 시뮬레이션의 학습성과에 대한 학습물 입과 인지적실재감의 예측력 규명. 교육정보 미디어연구, 17(1), 39-61.
- [4] 김경현 (2009). 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과. 컴퓨터교육학회논문지, 12(5), 75-85.
- [5] 신승용(2012). 로봇 활용 STEAM 교육에 참가한 초등학생들의 학습만족 요인분석. 컴퓨터교육학회논문지, 15(5), 11-22.
- [6] 김진영, 박홍준, 전영국 (2011). PBL 기반의 NetLogo를 이용한 교육용 콘텐츠 저작이 예비중등교사의 창의성에 미치는 효과. 공학교육연구, 14(4), 29-38.
- [7] 임희준, 최선미, 강석진, 여상인 (2010). 초등 과학 수업에 적용한 MBL 수업의 효과와 학생 및 교사의 인식 조사. 초등과학교육, 29(1), 102-111.
- [8] 최성봉 (2008). MBL 활용 수업이 중학교 학생들의 과학탐구능력과 그래프 작성 및 해석 능력에 미치는 효과. 한국지구과학회지, 29(6), 487-494.
- [9] 김석희, 유현창(2013). Hands on 센서 기반 고도화된 STEAM 교육 프로그램의 효과. 컴퓨터교육학회논문지, 16(3), 79-89.
- [10] 오정철, 이지현, 김정아, 김종훈 (2012). 스크래치를 활용한 STEAM 교육 프로그램 개발 및 적용-초등학교 6학년 과학교과를 중심으로. 컴퓨터교육학회논문지, 15(3), 11-23.
- [11] 이준용, 노석호, 백종민 외 (2011). 중학교 과학 2. 비상교육.
- [12] 이준용, 노석호, 백종민 외 (2011). 중학교 과학 3. 비상교육.
- [13] 전영국, 이병호(2002). Mathview 로 작성한 웹사이트의 활용에 대한 형성평가. 컴퓨터교육학회논문지, 5(2), 111-121.
- [14] 우정훈 (2011). 고고보드와 넷로고를 활용한 시뮬레이션 기반의 탐구실험 장치 구현. 순천대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- [15] Sipitakiat, A., Cavallo, D. (2003). Digital Technology for Conviviality: Making the Most of Students' Energy and Imagination in Learning Environments. Euro Logo 2003. Porto, Portugal, pp. 264-273.
- [16] Blikstein, P., & Wilensky, U. (2006). The Missing Link: A Case Study of Sensing-and-Modeling Toolkits for Constructionist Scientific Investigation. Proceedings of the International Conference for Advanced Learning Technologies (ICALT 2006) (pp. 980-982). Kerkrade, The Netherlands.
- [17] Blikstein, P., & Wilensky, U. (2007). Bifocal modeling: a framework for combining computer modeling, robotics and real-world sensing. Paper presented at the 2007 annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL, April 9-13.
- [18] Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). Multimedia for Learning. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- [19] Sipitakiat, A. (2004). GoGo Board: Augmenting Programmable Bricks for Economically Challenged Audiences. In Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences. California, USA.
- [20] Jacobson, M. J. (2004). Cognitive visualisations and the design of learning technologies, Int. J. Learning Technology, 1(1), 40-62.
- [21] Tobin, K., Tippins, D., & Gallard, A. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. Gabel (Ed.), Handbook of Research on Science Teaching and Learning (pp. 45-128). New York: MacMillan Publishing.
- [22] GoGo 보드 공식 사이트 : <http://gogoboard.stanford.edu>
- [23] Arduino 보드 공식 사이트 : <http://www.arduino.cc>

## 우 정 훈



2008 순천대학교 컴퓨터교육학과  
(교육학사)

2011 순천대학교 컴퓨터교육정보  
학과(이학석사)

2014~현재 순천금당중학교 정보  
컴퓨터 기간제교사

관심분야: 컴퓨터교육, 프로그래밍 교육

E-Mail: woo@sunchon.ac.kr

## 전 영 국



1986 수원대학교 수학과  
(이학사)

1990 시카고주립대 수학과  
(이학석사)

1995 Univ. of Illinois  
Urbana-Champaign

(컴퓨터교육 박사)

1996~현재 순천대학교 컴퓨터교육과 교수

관심분야: 지능형교수시스템, WBI, 질적 연구

E-Mail: ycjun@sunchon.ac.kr