

# 중학교 과학실험을 위한 퀘스트 기반 모바일 STEAM 콘텐츠 개발

## Development of Quest-Based Mobile STEAM Content for Scientific Experiments in Middle Schools

이현주, 김유리, 박찬정  
제주대학교 컴퓨터교육과

Hyunju Lee(werty348@naver.com), Yuri Kim(reddresseson@gmail.com),  
Chan Jung Park(cjpark@jejunu.ac.kr)

### 요약

2018년부터 2015 개정 교육과정이 적용되면서 과학 분야에서 학생들의 과학적 소양 함양을 위한 노력들이 이루어지고 있다. 이 중에서 과학실험은 학생들의 과학에 대한 학습 흥미 진작과 과학적 태도 함양에 도움을 준다. 과학적 사실을 이론으로 배우는 것보다 실험을 통해 배우게 되면 학습자의 이해가 높아지며 좀 더 오래 기억할 수 있다. 따라서 과학적 소양 함양에 있어서 실험은 매우 중요하다. 하지만 중학교에서는 시간과 예산, 재료 부족으로 과학실험이 순조롭게 진행되지 않고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해소하고자 중학교 과학 교과서를 분석하고 과학 예비교사 학생들을 주로 대상으로 설문을 실시하여 가장 중요하게 여기는 과학실험을 선정한 후, 가상 환경에서 과학실험을 체험할 수 있도록 시뮬레이션형 모바일 앱을 개발하였다. 개발한 앱은 학습 강화 효과를 얻을 수 있도록 퀘스트 기반 학습방법을 사용하고 유니티를 사용하여 방탈출 게임형식을 접목하여 개발되었다. 본 연구에서는 앱을 개발한 후, 기존 앱들과의 차이점 분석과 사용자 피드백을 통해 향후 STEAM 콘텐츠로서 개발 의미와 기대효과에 대해 제언한다.

■ 중심어 : | STEAM 콘텐츠 | 과학실험 | 모바일 시뮬레이터 | 퀘스트기반 학습 | 게임기반 학습 |

### Abstract

As the 2015 revised curriculum is being implemented from 2018, efforts are being made to cultivate scientific literacy among students in the field of science. Scientific experiments help students to develop their interest in Science and their scientific attitudes. Learning through experimentation rather than learning scientific facts increases learners' understanding, and can be remembered longer. Therefore, experiments in Science subject are very important. However, in middle schools, scientific experiments are not performed due to the lack of time, budget and experimental material. In this research, we analyze middle school science textbooks, conduct questionnaires for students of science pre-service teachers, select the most important science experiments, and develop a mobile App to simulate and experience scientific experiments with the App. The proposed App is developed in a game format using quest-based learning methods to gain learning enhancement. It is also made using Unity. In this paper, after developing the app, we propose the direction of STEAM contents development through analyzing the difference from existing apps and the feedback from users.

■ keyword : | STEAM Content | Scientific Experiment | Mobile Simulator | Quest-based Learning | Game-based Learning |

\* 이 논문은 2018학년도 제주대학교 지방대학 특성화사업(CK-1)에 의해 지원받았음

접수일자 : 2019년 01월 10일

심사완료일 : 2019년 02월 20일

수정일자 : 2019년 02월 18일

교신저자 : 박찬정, e-mail : cjpark@jejunu.ac.kr

## I. 서론

2015 개정 교육과정의 과학 분야에서 중요시하는 학습자들의 과학적 소양 함양을 위해 여러 가지 프로그램들이 진행 중이다[1-3]. 이 중에 융합인재 양성을 목표로 하는 STEAM 교육은 2012년부터 본격적으로 교육 현장에서 시작되었고 과학적 소양을 함양시킬 수 있는 교육으로 자리매김하고 있다. 그런데 과학 영역에서 STEAM 교육을 위해 교육 콘텐츠를 동영상으로 만들어서 제공하거나 학습 원리를 간단한 실감형 콘텐츠로 제공하는 방법, 교육 후에 온라인 게시판을 이용한 질의·응답과 같은 영역과의 융합이 대부분이다. 과학실험 과정 자체에 학습자들이 참여하여 상호작용할 수 있는 기능을 제공하는 연구결과물은 흔하지 않다. 특히, 2018년도에 출판이 된 새로운 과학교과서의 내용을 분석한 한 연구에서는 과학적 탐구를 위해 이론을 검증해 나가는 절차가 부족해 실험을 수행해 결과를 도출할 수 있는 활동의 필요성을 제기하고 있다[4].

실험은 과학 교과서의 중요한 요소 중 하나이다[5]. 과학실험은 학습자가 과학에 대한 흥미를 느낄 수 있도록 도와주고, 과학적 태도를 갖게 한다. 과학적 태도란 일상의 요소들을 실험의 대상으로 바라보고 그것에 호기심을 가지며 탐구하려는 자세를 이야기한다. 이러한 과학적 태도는 학생들에게 과학교육이 필요한 이유 중 하나이다. 과학적 사실을 이론으로 배우는 것보다 실험을 통해 배우게 되면 학습자의 이해가 높아지며 좀 더 오래 기억할 수 있다[5].

한편, 2015 개정 교육과정의 키워드 중 학습자 중심 학습을 위한 교육학습방법이 다양하게 연구·개발되고 있다. 학습자 중심의 자기주도적 학습을 지원하기 위하여 온라인에서 진행되는 학습방법들이 주목되어 왔다. 특히 온라인에서 진행되는 학습방법은 학습자 개별화의 수단으로 진행되었다. 대표적인 온라인 학습방법 중에 하나가 온라인 시뮬레이션 학습이다[6]. 시뮬레이션은 학습 내용을 가르치기 위한 것과 학습 방법을 가르치기 위한 것으로 나눌 수 있다[7]. 또한 안내적 실험 모형과 자기주도적 실험 모형으로 구분하기도 한다[8]. 시뮬레이션 학습을 위해서는 실세계에서와 같이 입력 제

시, 시뮬레이션 결과 확인, 자기주도적 조작 학습을 위해 입/출력 데이터를 제어할 수 있는 기능이 필요하다. 이와 같은 시뮬레이션 학습의 특성상 교육 효과가 있다고 주장하는 연구들이 많다[8].

본 연구에서는 중·고등학생들의 과학에 대한 학습 흥미 진작과 과학적 태도 함양에 도움을 주어 과학적 소양 함양을 유도하기 위해 과학실험 시뮬레이션을 위한 앱을 개발하였다. 학습자 중심으로 앱과 상호작용을 가능하도록 개발한 앱은 퀘스트 기반의 학습이론을 적용하였다. 또한, 어떤 실험 콘텐츠가 유의미할 지를 판단하기 위해 교과서[9-11]를 분석하고 고등학생, 예비 교사, 현직 교사 등 총 106명을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 그 결과, 중학교에서 진행되어야 한다고 생각하는 과학실험은 무엇인지와 실험 횟수를 조사하여 ‘원소의 불꽃 반응 실험’, ‘양금 생성 반응 실험’, ‘세포 분열 시뮬레이터(양과 표피 세포 관찰 실험)’을 선정하였다. 선정된 세 실험이 학생 및 교사에 의해 중요하게 여겨 지지만, 대부분의 학교에서 과학실험이 진행조차 되지 않음을 알 수 있었다.

본 연구에서 만들고자 하는 과학실험 시뮬레이터의 특징은 다음과 같다. 첫째, 2015 개정 교육과정과 내용 연계가 가능하다. 기존의 시뮬레이터를 분석한 결과, 제공하는 실험의 종류는 다양했으나 교육과정에 제시된 실험과 관련이 적다는 단점이 있었다. 학교 현장과 학생들에게 필요한 실험 시뮬레이터는 단순히 이론을 보완하기 위한 시뮬레이터가 아닌, 교육과정 내용과 연계된 시뮬레이터이다. 따라서 본 연구에서는 교육과정에 제시된 실험을 위한 시뮬레이터를 제작하고자 한다.

둘째, 과정 중심의 과학실험 시뮬레이터이다. 기존의 시뮬레이터는 대부분 실험의 결과에 초점을 두고 있다. 예를 들어 선행연구 중 “이동준 선생의 자바 실험실”의 양금 생성 반응 실험 시뮬레이터를 실행하면, 사용자는 여러 가지 시료들을 넣을 수 있고, 시료의 결합에 따라 여러 가지 양금이 생기는 모습을 관찰할 수 있다. 이러한 시뮬레이터를 사용하면 실험의 결과는 알 수 있으나, 실험 진행에 필요한 재료가 무엇인지, 어떤 도구를 사용해야 하며 도구 사용 시 주의해야 할 점은 무엇인지 등의 실험 과정은 알 수 없다. 과학 가상실험을 모아

둔 사이트인 <http://sciencelove.com/2193>에서도 동영상을 위주로 진행하며 중간에 학생들이 실험 대상을 선택할 수 있는 기능을 플래시 기반으로 구축하였으나, 실험 과정 전체를 이해하기에는 다소 부족함이 있었다.

2015 개정 교육과정에서는 ‘학습자 중심 교육’과 ‘과정 중심 교육’이 중요하게 여겨진다. 기존의 시뮬레이터는 결과에 초점을 맞추므로 본 연구에서는 실험 재료와 기구 등을 학습자가 직접 준비하고 실험하는 학생 참여형 수업과 과정 중심 평가에 초점을 맞춘 시뮬레이터를 제작하고자 한다.

셋째, 시뮬레이션 게임이다. Keller의 학습동기이론(1987)에 의하면 [그림 1]과 같이 학습자의 경험과 관련성이 있는 내용으로 학습자의 학습 동기를 이끌어낼 수 있다. 시뮬레이터에 게임 요소를 추가하고, 목표 대상인 중학생의 학교생활과 밀접한 스토리를 구성하여 학습자의 학습 동기를 이끌어낼 수 있을 것이다.

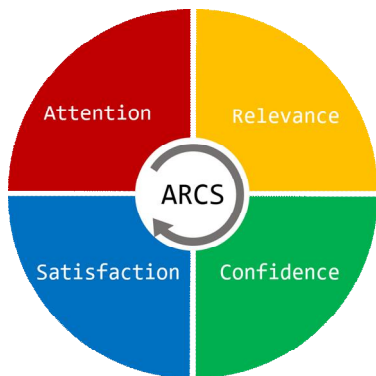


그림 1. Keller의 학습동기이론(1987)

마지막으로 시뮬레이터에 게임 요소를 추가함으로써 퀘스트 기반 학습[12]이 이루어질 수 있다. 퀘스트 기반 학습이란 게임에서 주어지는 일련의 상황 속에서 목표를 지향하며 탐구과제를 수행하고 연습과 즉각적인 피드백을 통해 이루어지는 학습을 말한다[12][13]. 본 연구의 시뮬레이션 게임에서는 각 실험의 과정에 따라 다양한 퀘스트가 주어진다. 학습자는 주어진 퀘스트를 완료하며 즉각적인 보상을 얻게 된다[12]. 즉, 학습자 참여와 활동 중심의 경험을 통해 보강물로 작용하여 학습 강화 효과를 얻을 수 있다[12]. 따라서 본 연구에서는

게임을 이용한 과학실험 시뮬레이터를 제작하여 학습자의 과학 학습에 대한 흥미를 높이고자 한다.

## II. 관련 연구

본 연구와 관련된 연구는 웹과 모바일 앱을 구별하지 않고 구현하고자 하는 시뮬레이터의 기능을 충분히 반영한 연구와 현직 교사가 많이 사용하고 있는 실험 시뮬레이터를 중심으로 조사하였다.

### 1. 이동준 선생의 자바 실험실(<http://javalab.org>)

이동준 선생의 자바 실험실은 다른 웹 사이트보다 특히 물리에 대한 실험이 구체적으로 제시되어 있다. 여기서 제공하는 실험은 쉽고 빠르게 결과를 확인 할 수 있다. 예를 들어 양금 생성 실험을 할 때 원하는 시료들을 넣어서 양금이 얼마나 생기는지 확인할 수 있다. [그림 2]와 같이 시료는 각각의 화학식을 보여주기 위해 타원에 화학식이 그려져 있다. 양금 생성을 하는 두 개의 시료가 만나면 타원 두 개가 하나의 타원으로 바뀌고, 이렇게 새로 생긴 타원이 양금이다.

양금 생성 반응

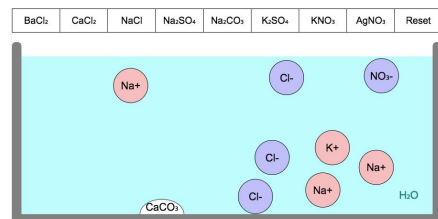


그림 2. 이동준 선생의 양금 생성 반응 실험

이동준 선생의 자바 실험실에는 간단하게 원리를 보여주는 시뮬레이터도 있다. 멘델의 유전 법칙을 알아보는 위 시뮬레이터는 마치 동영상처럼 유전 법칙의 변화를 보여준다[그림 3 참조]. 멘델의 실험의 경우 통계학을 이용한 실험이지만 시뮬레이터에서 제시한 실험은 현대에 밝혀진 것으로 실제 실험과 차이가 있다. 본 연구와 관련된 또 다른 시뮬레이터로, 양파의 표피 세포

를 관찰하는 시뮬레이터는 상의 확대 여부에 따라 양파가 어떻게 이루어졌는지 관찰 할 수 있다. 상을 확대하거나 축소하는 기능이 가능하다.

멘델 유전의 원리

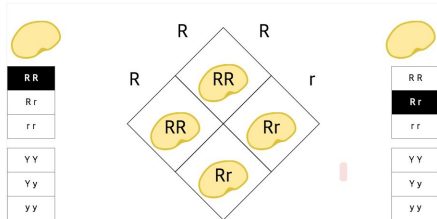


그림 3. 이동준 선생의 유전 원리 시뮬레이터

## 2. PhET(<https://phet.colorado.edu/ko/>)

PhET는 모바일 앱이다. 사용하고자 하는 경우에는 유료로 구입해야한다. 모바일 앱은 웹 사이트와 동일한 시뮬레이터를 제공한다. 모바일 앱 시작 화면에서 ‘시뮬레이션 시작하기’ 버튼을 선택하여 들어가면 화면 왼쪽에 시뮬레이터의 범주가 있다. 과목별뿐만 아니라 학년, 장치별로 실험을 구분하고 있어 원하는 실험을 빠르게 찾을 수 있다. 또한, 교사의 자격으로 로그인을 하면 교사에게 유용한 서비스를 제공한다.

PhET은 과목별로 다양한 시뮬레이터를 제공한다. 물 농도 실험 시뮬레이터는 물에 용질을 넣어 물 농도를 측정하는 실험이다. 이 실험을 통해 용질의 양에 따라 변화하는 값을 실시간으로 수치화하여 확인할 수 있다. 실험의 결과를 쉽고 빠르게 관찰 할 수 있다.

유전자 발현 기초를 알아보는 시뮬레이터는 결과를 바로 확인할 수 있는 실험 중 하나이다. 실제로 보지 못하는 유전자가 전사되는 과정을 관찰할 수 있다. 또한, 전사가 시작되는 인자의 종류가 다양하며 각자 하는 역할이 있음을 실험을 통해 알 수 있다. 하지만 음성 전사 인자가 작동되지 않는 오류가 존재한다. 발현이 일어나는 과정에 대한 설명이 자세하지 않기 때문에, 학습자가 새로운 지식을 얻는데 어려움이 있다. 시뮬레이터의 실험은 실제 실험과는 다르게 단순화되어 있어 실제 실험과의 괴리가 있다. 실험에서 정량적인 값의 변화를 확인하는 데에는 효과적이다.

## 3. Chemist

Chemist는 모바일 앱으로 실제 실험과 가장 유사한 시뮬레이터이다. Chemist는 안드로이드(<https://play.google.com/store/apps/details?id=air.thix.sciencesense.chemist&hl=ko>)와 뿐만 아니라 ios의 App store에서도 다운로드 받을 수 있다(<https://itunes.apple.com/kr/app/chemist-by-thix/id440666387?mt=8>). 화학 실험을 할 수 있는 앱이며 실험이 미리 정해져 있는 것이 아니라, 사용자가 직접 실험을 설계하고 진행한다. 주로 화학 반응을 관찰하기 위한 시뮬레이션 하기에 적합하다.

시뮬레이션에서 사용자가 어떤 시약을 사용하고 어떤 반응을 하는지에 따라 다양한 결과가 나타난다는 장점이 있다. 실험을 진행하다가 실험 기구를 미숙하게 사용할 경우 비커나 삼각플라스크 등의 실험 기구가 깨진다. 다양한 실험 도구를 사용해 볼 수 있으며 시약의 종류도 고체, 기체, 액체로 다양하다. 실제 실험과 유사하므로 사용자가 실험 도구 사용 방법에 대해 학습할 수 있다. 실험한 후에 시약의 변화가 즉각적으로 나타나기 때문에 화학 반응을 즉각적으로 확인할 수 있다. 또한, 실험한 결과를 실험 보고서의 형태로 저장할 수 있다는 장점이 있다.

## III. 시뮬레이터 설계

### 1. 설문조사를 통한 요구분석

본 연구에서는 어떤 실험 콘텐츠가 유의미할 지를 판단하기 위해 설문을 실시하였다. 조사 기간은 2018년 9월 18일부터 2018년 9월 23일까지였으며 총 응답자수는 예비 교사(66%), 고등학생(29.2%), 기타(4.8%) 106명이었다. 설문조사 문항은 한 학기동안 학교에서 과학 실험 횟수, 학교에서 실험을 진행하기 어려운 이유, 중학교 1학년부터 3학년까지 각각 희망하는 실험, 과학 실험에서 컴퓨터 시뮬레이터를 사용하면 좋은 점, 시뮬레이터를 사용하여 더욱 효과적일 수 있는 실험을 묻는 것이었다.

결과를 요약하면 한 학기동안 한번도 실험을 하지 않는 경우가 77.3%로 가장 높았고, 1~2 회 실험은 8.9%

이었다. 나머지는 기타 더 많은 횟수의 실험을 하는 경우였다. 실험을 진행하기 어려운 이유로는 시간/예산이 부족해서(52%), 재료가 부족해서(17.2%), 공간이 부족해서(9.8%), 기타 위험해서 등이 있었다. 과학실험에서 시뮬레이터를 사용할 때 효율적이라고 생각한 실험은 실제로 하기에는 다소 위험한 실험이 가장 높은 순위(34.8%)였고, 값비싼 재료비가 필요한 실험(30.4%), 다음은 관찰이 오래 걸리는 실험(21.7%), 공식에 따라 결과가 변화는 실험(13.0%) 순이었다.

본 연구에서 실험의 선정은 응답자들이 선호하는 실험을 위주로 하였으며, 실험을 설계할 때, 설문조사의 결과 중에서 공식에 따라 결과가 변화여 실험을 통해 결과를 확인할 수 있으면 좋을 것이라는 결과를 반영하였다. 또한, 본 연구에서 채택한 실험은 다음 [표 1]과 같이 2015 과학과 개정 교육과정 내용 중 물질의 구성, 물질의 변화, 생명의 연속성 영역에 해당하는 주제이다 [14].

## 2. 사전 실험을 통한 과정 정의

본 연구에서는 시뮬레이터를 설계하고 구현하기에 앞서 과정 중심의 시뮬레이터가 될 수 있도록 선정한 실험을 실제로 진행하였다. 각 실험에서 필요한 재료와 실험 방법, 실험 결과, 실험 시 주의사항을 구체화하였다. 선정한 실험은 원소의 불꽃 반응 실험, 양금생성반응 실험, 그리고 양과의 표피세포관찰실험이다. 이 실험 중 원소의 불꽃 반응 실험과 양금 생성반응 실험을 통해 사용자의 다양한 입력을 예측하고 실험 마다 결과를 도출하였다. [표 1]과 [표 2]에서 재료, 실험 방법과 결과, 실험 시 주의사항을 기술하였다[3][9-11]. 또한 사용자가 시약을 하나만 넣을 수도 있고 두 개, 혹은 그 이상을 넣을 수 있다. 따라서 두 가지, 혹은 그 이상의 시약을 넣어 실험 결과를 확인했다. 각 원소의 색이 섞여 보일 것이라는 예상과는 다르게 각각의 색이 보인다는 것을 관찰할 수 있었다.

표 1. 원소의 불꽃 반응 실험 과정

원소의 불꽃 반응 실험	
재료	염화스트론튬, 염화구리, 염화칼륨, 염화나트륨, 염화바륨, 숯, 은박접시, 스폰, 알코올, 성냥
실험 방법	1. 은박접시에 숯을 올린다. 2. 작은 두 스폰만큼 약품을 떨어 숯 위에 올린다. 3. 숯이 젖을 만큼 알코올을 올린다. 4. 숯에 불을 붙인 후 불꽃 반응을 관찰한다. *시간이 지나면 숯이 전부 타기 때문에 불이 꺼진다. 만약 불의 세기가 세다면 공기를 차단해준다
실험 결과	염화스트론튬: 붉은색 염화구리: 청록색 염화칼륨: 푸른색 염화나트륨: 노랑 염화바륨: 보라색
실험 시 주의 사항	-알코올은 적당량을 사용함 -불을 끌 때에는 타지 않는 제품 이용 -실험 후 은박지를 바로 만지면 화상의 위험이 있으니 만지면 안 됨 -실험이 끝난 후 환기시키기

표 2. 양금 생성반응 실험 과정

양금 생성 반응 실험	
재료	12홉판 1개, 질산납 1개, 질산은 1개, 황산구리 1개, 염화칼슘 1개, 황화나트륨 1개, 아이오딘화칼륨 1개, 탄산나트륨 1개
실험 방법	1.홉판 세로 한 줄에 염화칼슘 용액을 떨어뜨린다. 2.황화나트륨, 아이오딘화칼륨, 탄산나트륨을 세로 칸에 한 줄씩 떨어뜨린다. 3.질산납 용액을 가로 한 줄에 떨어뜨린다. 4.질산은 용액을 두 번째 가로 한 줄에 떨어뜨린다. 5.황산구리 용액을 세 번째 가로 한 줄에 떨어뜨린다. 6.이온이 반응하여 양금이 생성된 모습을 확인한다.
실험 결과	은이온+염화이온 = 염화은(흰색) 은이온+브롬이온 = 브로민화은(노란색) 은이온+아이오딘 이온 = 아이오딘화은 (노란색) 질산납+아이오딘화칼륨 = 아이오딘화칼륨+아이오딘화납(노란색) 바륨이온+황산이온 = 황산바륨(흰색) 칼륨이온+탄산이온 = 탄산칼슘(흰색) 구리이온+황화이온 = 황화구리(검은색)
실험 시 주의 사항	-소량을 떨어뜨려도 양금 생성됨 -염화칼륨과 황산구리는 양금 생성이 되지 않음. -염화칼슘과 황산구리가 반응하여 만들어지는 황산칼슘은 난용성이지만 물에 녹아 보이지 않음

## 2. 퀘스트 정의

본 연구에서는 학습자들의 학습 효과를 높이기 위하여 원소의 불꽃 반응 실험에서는 총 4단계의 퀘스트를 제공하였다. 실험을 완료하면 사용자가 진행한 실험의 다양한 결과를 확인할 수 있다. 퀘스트를 따라가지 않아도 실험결과를 확인할 수 있지만 실험 실패로 간주하였다. 또한, 실험이 실패할 경우 실험 실패 원인을 제공

하였다. 양금 생성 반응 실험은 6단계의 퀘스트로 설계하였다. 실험을 완료하면 사용자가 진행한 실험의 다양한 결과를 확인할 수 있다. 양금은 양이 적어도 색 확인이 가능하므로 양에 상관없이 결과를 확인할 수 있다. 양과 표피 세포 관찰 실험은 총 7단계의 퀘스트로 설계하였다. 실험을 완료하면 사용자가 진행한 실험의 다양한 결과를 확인할 수 있다. 양과 표피세포를 이용해 표본을 만들고 만들어진 표본에서 세포분열 중인 세포를 찾아내도록 하였다.

### 3. 요구 분석을 위한 데이터 흐름도와 시나리오 설계

본 연구에서는 개발한 앱의 콘텐츠를 게임을 진행한 후 시뮬레이션해보는 방법과 게임 없이 바로 시뮬레이션 할 수 있는 방법으로 나누어 학습자들이 스스로 선택할 수 있도록 [그림 4]와 같이 설계하였다. 본 연구에서 앱에 적용한 게임형식은 탈출출 게임[15]이다.

게임 내용은 사용자가 과학 실험을 하며 얻은 힌트로 과학 선생님이 숨겨둔 무기명의 외출증을 찾는 것이다. 만약 게임에서 잘못 반응 실험을 시작한다면, 실험에 필요한 실험 기구와 시료 등을 직접 찾아 실험을 완료해야 한다. 필요한 실험 기구 등은 소 퀘스트가 되어 학습자의 다음 행동을 알려주고 완료 여부를 보여준다. 실험을 완료하면서 힌트를 얻고 이것들을 바탕으로 무기명 외출증을 얻을 수 있다. 게임에서는 방에서 실험에 필요한 항목인 실험 재료를 찾아내어 시뮬레이션을 한다.

다음은 학교를 탈출해야 실험 시뮬레이션을 진행할 수 있도록 설계하였다. 게임을 통해 학습자들은 실험에서 필요한 재료가 무엇인지를 확실히 인지할 수 있게 된다. 실험을 시작하면 필요한 절차가 퀘스트로 제시되며, 퀘스트 완료라는 즉각적인 보상이 주어지며 실험 절차의 인지를 강화시키고 재미적 요소를 부여할 수 있다 [15][16].

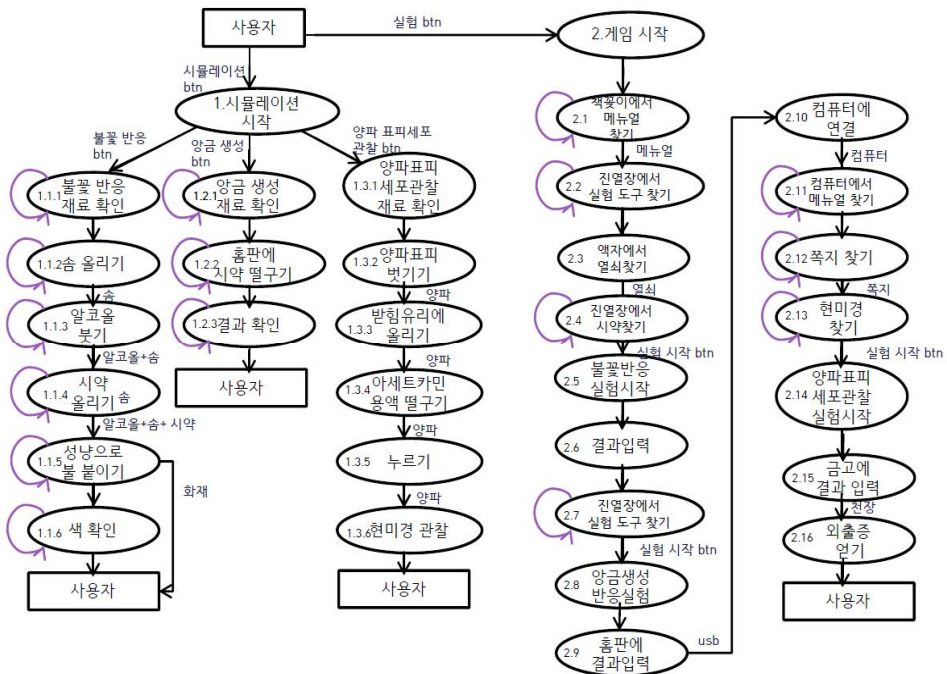


그림 4. 과학실험 모바일 STEAM 콘텐츠에 대한 데이터 흐름도

또한 실험 시, 사용자 입력에 따른 반응 결과를 다르게 하기 위하여 다음 [표 3]과 같이 불꽃 반응 실험에서 사용자 입력에 따른 상이한 결과를 설계하였다.

양금 생성 반응 실험에서는 시약을 어느 부분에 넣어도 반응을 하는 원소와 만나면 양금이 생성됨으로 위치는 상관이 없다. 하지만 시약을 여러 개 섞어도 만나서 양금을 생성하는 원소는 짝이 한정되어 있어 실험을 성공적으로 끝낼 수 있다. 다만 양금을 생성하지 않는 시약끼리 섞을 경우에는 양금이 만들어지지 않아 실험에 실패하게 된다. 이와 같은 서로 상이한 반응 결과를 구현 시 반영하였다.

표 3. 불꽃 반응 실험의 사용자 입력에 따른 반응 예상 정리

실험 방법	사용자 입력에 따른 결과 예상		
은박접시에 숨을 올린다.	숨의 양 상관없음		
작은 두 스푼만큼 약품을 덜어 숨 위에 올린다.	약품을 적게 넣을 경우	불꽃실험 확인 불가	
	약품을 많이 넣을 경우	상관없음	
숨이 젖을 만큼 알코올을 넣는다.	알코올의 양	적을 경우	불꽃실험 확인 불가
		적절한 경우	실험 성공
		많을 경우	스스로 불을 꺼야함
숨에 불을 붙인 후 불꽃 반응을 관찰한다.	불을 다른 곳에 붙일 경우	실험실이 불타 실험 실패	
	실험 중 불이 스스로 꺼지지 않을 경우	불을 꺼야 실험 성공, 그렇지 않으면 실험 실패	

#### IV. 시뮬레이터 구현

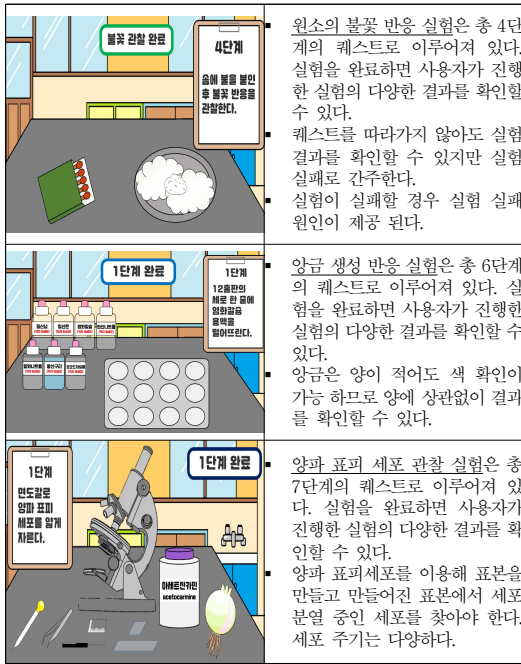
##### 1. 구현 결과물

기술의 발전으로 인하여 스마트폰 등 모바일 기기의 수요와 공급이 증가되었다. 모바일 시장이 확대되어 모바일 게임 유저가 증가하였고, 더불어 모바일 게임을 제작하고자 하는 개발자도 많아졌다. 이에 따라 개발자가 모바일 게임 제작을 보다 편리하게 할 수 있도록 돕는 게임 제작 툴이 많아지는 추세이다.

게임메이커(GameMaker), 크라이엔진(Cryengine) 등 다수의 게임 제작 엔진 중, 본 연구에서 활용할 게임 엔진은 유니티(Unity)이다. 유니티를 사용하여 게임을 개발하면 물리 엔진 구현을 위한 어려운 수학, 게임 구동 및 컴파일을 위한 기본적인 리소스, 자연스러운 게임 진행을 위한 효과, 사운드, 그래픽 등 게임 구현을 위하여 필요한 요소들을 개발자가 일일이 직접 구현할 필요가 없다[17][18]. 또한 유니티는 멀티 플랫폼 대응이 가능하다는 강력한 장점이 있는데, 본 연구의 산출 결과물은 안드로이드 기반의 애플리케이션이다.

유니티를 이용하여 제작된 게임은 크게 두 가지로 나눌 수 있다[19]. 첫 번째로 인터페이스가 2D인 게임, 두 번째로 인터페이스가 3D인 게임이다. 인터페이스가 3D인 게임을 제작하기 위하여 3D 오브젝트를 게임에 배치하려면, Asset store에 게시된 3D 오브젝트 asset을 다운로드하여 자신의 프로젝트에 추가해야 한다[19]. 그러나 게임 제작에 필요한 모든 3D 오브젝트가 Asset store에 게시되어 있지 않아서, 본 연구에서는 2D 인터페이스 애플리케이션 제작을 목표로 하였고, 게임 진행에 필요한 요소들을 직접 그려서 제작하였다. 본 연구에서는 객체지향 프로그래밍 언어인 C#으로 애플리케이션을 제작하였다[20]. 본 연구에서 구현한 앱을 실행한 화면은 다음 [그림 5]와 같다.

주요 화면	설명
	<ul style="list-style-type: none"> <li>애플리케이션의 처음 화면이다.</li> <li>[실험 시뮬레이터] -&gt; 각 실험 시뮬레이션 진행</li> <li>[게임! 루머 해제하기!] -&gt; 게임을 진행하며 세 가지 실험에 대한 시뮬레이션을 진행</li> <li>[도움말] -&gt; 게임에 필요한 정보 제공</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임을 진행하는 방법을 소개하는 장면이다.</li> <li>화면을 터치에 숨겨진 자료를 찾을 수 있으며 찾은 자료는 인벤 토리에 표시된다.</li> </ul>



(가) 시뮬레이터 위주의 결과물

주요 화면	설명
	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임의 메인 장면이다. 이 장면에서 왼쪽 혹은 오른쪽으로 이동하면서 3개 장면을 넘나들며 아이템을 탐색할 수 있다.</li> <li>아이템을 모아 조건을 충족시키면 실험 시뮬레이션을 진행할 수 있다.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임의 왼쪽 장면이다. 화면을 선택해 숨겨진 재료들을 찾을 수 있다.</li> <li>아이템을 모아 조건을 충족시키면 실험 시뮬레이션을 진행할 수 있다.</li> <li>[화살표]-화면 이동</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>게임의 오른쪽 장면이다.</li> <li>아이템을 전부 충족시키면 책상 위에 [실험시작] 버튼이 생긴다.</li> <li>[실험시작]버튼을 누르면 각 실험이 시작된다.</li> <li>주어진 실험을 통과해야 다음 실험으로 넘어갈 수 있으며 그렇지 않을 경우 게임 실패로 간주한다.</li> </ul>

(나) 게임 위주의 결과물

그림 5. 구현 결과물

## 2. 기존 관련 시뮬레이터 앱과 기능 비교

이 절에서는 기존 연구에서 제시했던 앱과 비교하여 본 연구에서 개발한 시뮬레이터 앱의 기능 측면에서 비교하여 [표 4]와 같이 정리하였다.

표 4. 기존 앱과 기능 비교

앱의 종류	기능상의 문제점과 본 연구 결과물의 장점
이동준 자바실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>원리에 대한 설명이 부족하여 교사의 지도가 필요하다. 실제 실험보다 간략하게 진행된다.</li> <li>위 시뮬레이터는 멘델이 직접 실행한 실험 방법과는 다르다는 한계가 있다.</li> <li>사용자가 자기주도적으로 보고 싶은 곳을 직접 보거나 움직일 수는 없다. 사용자의 입력이 제한적이라는 아쉬움과 실제 실험을 너무 간소화하여 실험의 의미가 축소되는 문제가 있다.</li> </ul>
PhET	<ul style="list-style-type: none"> <li>하지만 웹에서 바로 실행되는 것이 아니라 별도의 프로그램 설치가 필요한 실험이 존재한다.</li> <li>사용자가 얼마나 용질을 넣었는지 확인할 수 없다는 단점도 있다. 또한, 용질에 따라 물 농도가 변화하는 원리가 무엇인지 알 수 없어 아쉬웠다.</li> <li>자세한 설명이 없기 때문에 어떤 수치가 어떻게 변화하는 것인지 원리를 파악하기 힘들다. 또한, 사용자의 개입이 없이 정해진 시나리오를 따라가기 때문에 다양한 결과를 얻기 힘들다.</li> </ul>
Chemist	<ul style="list-style-type: none"> <li>화학 실험과 화학적 변화만 관찰할 수 있어서 제한적이다. 가격이 비싸다는 단점도 있다.</li> </ul>
본 연구결과물	<ul style="list-style-type: none"> <li>실제 실험 절차를 알 수 있는 시뮬레이터이다.</li> <li>실험 시 주의사항과 실험 매뉴얼을 제시하고 실험 기구나 시료 등 구체적인 정보 표시한다.</li> <li>사용자의 입력에 따라 다른 피드백 제공한다.</li> <li>교육과정에 나와 있는 실험 조사이다.</li> <li>각 절차마다 퀘스트 부여하고 각 실험을 연결시켜 하나의 시나리오로 만들었다.</li> </ul>

## V. 결론

본 연구를 통해 개발된 과학실험 시뮬레이션 앱은 크게 게임부분과 과학 시뮬레이션 부분으로 나뉘어져 있다. 게임은 방탈출 게임처럼 진행된다. 실험에 필요한 재료를 찾아 실험을 진행한다. 실험을 시작하면 필요한 절차가 퀘스트로 제시되며, 퀘스트 완료라는 즉각적인 보상이 주어진다. 게임 내에서 실험이 진행되기 때문에



실험에 대해 부담감을 느끼는 학습자도 실험에 대해 긍정적인 사고를 가질 수 있다[15][16]. 게임에는 실험에 필요한 재료들뿐만 아니라 다른 물건들이 숨겨져 있어 필요한 재료를 구분하여 사용해야 한다. 각 물품을 선택하여 실험을 진행할 수 있다.

본 연구의 산출물인 과학실험 시뮬레이션 앱은 실험할 때 생길 수 있는 여러 가지 상황을 예측하여 사용자의 입력에 따라 다양한 피드백을 제공한다. 요구조사를 위해 진행한 설문조사의 결과를 토대로, 중학교 과정에서 수요가 높은 실험(원소의 불꽃 반응 실험, 양금 생성 반응, 양과의 표피 세포 관찰)을 선정하였다. 위 실험들을 시뮬레이터로 제공하여 학습자에게 교육과정에 제시된 실험을 제공하였다.

본 연구는 기존 앱과 몇 가지 차별점을 갖는다. 첫째 기존의 국내·외 과학 시뮬레이터는 대부분의 실험을 간소화하였다. 화학 실험의 경우 결과값의 변화에만 치중되어 있어서 사용자는 실험에 어떤 원리가 적용되는지 알 수 없다. 값의 변화를 관찰하는 것도 중요하지만, 그 값이 어떻게 나왔는지 사용자가 이해하는 것 또한 중요하다. 따라서 실험 과정을 보여줄 수 있는 시뮬레이터가 필요하다. 간단한 실험일지라도 학습자에게 정확한 이름과 양을 제시해 줄 필요가 있다.

둘째 기존 앱은 국내 교육과정과의 연계성이 부족하다. 즉 기존의 시뮬레이터에는 다양한 과학실험이 포함되어 있다. 하지만 교과서에 실린 실험을 시뮬레이션한 시뮬레이터는 없는 경우가 많다. 과학 교과 학습에서 교과서에서 배운 이론을 실험을 통해 확인하는 것은 학습자의 이해에 큰 도움이 된다. 하지만 이론뿐만 아니라 학교에서 하기 힘든 실험 등을 시뮬레이터로 제시해야 할 필요가 있다. 실제 교육과정과 연계된 과학 시뮬레이터의 개발이 필요하다.

셋째 기존 앱에는 시뮬레이터 기능과 함께 흥미를 유발시키고 학습 효과를 개선할 수 있는 중학생에게 적절한 게임과 결합된 시뮬레이터가 드물다. 실험 시뮬레이터에 게임 요소를 추가한다면, 실험이 복잡하고 준비할 게 많아 꺼리는 학생도 부담 없이 과학실험을 즐길 것이며 과학 학습에 대해 긍정적인 사고를 가질 수 있을 것이다.

본 연구의 결과물인 앱을 사용한 사용자들의 피드백을 바탕으로 결과물을 분석하였다. 사용자에는 교수와 관련 학과 대학생들로 구성되었으며 교수의 경우, 과제의 독창성, 앱의 사용자 인터페이스에 대한 편이성, 앱의 구현 완성도, 팀워크의 정도, 시장성의 관점에서 평가하였으며, 학생들은 사용의 용이성과 교육적 적용에 대해서 대화 형식으로 피드백을 제공받았다. 시뮬레이션 구현 과정에서, 직접 실험을 진행해보므로써 사용자의 다양한 입력을 예상한 점은 실제 실험과 최대한 유사한 결과를 도출할 수 있다는 긍정적인 피드백을 받았다. 그러나 예를 들어 불꽃실험반응 시뮬레이션에서 알코올을 솥 위에 올릴 때, 실제 실험과 가깝도록 정확한 단위를 사용자에게 보여주어야 한다는 피드백을 받았다. 따라서 피드백을 받기 전의 어플리케이션에서는 실험 중 사용하는 알코올이나 약품의 실제 정량을 나타내지 않았지만, 피드백을 받고 실험 약품의 실제 단위를 보여주도록 수정하였다.

본 연구는 지방대학특성화사업의 한 프로그램에 의해 진행되었으며, 프로그램 진행 후 결과물들을 평가하기 위해 여러 기관이 공동으로 개최한 특정 한 경진대회에서 대상을 수상하게 되었다. 전체 팀의 수는 16 팀이었다.

본 연구에서는 학교 현장에서 과학실험을 진행하기 어려운 문제점을 극복하고자 했다. 즉, 학습자가 과학 이론뿐만 아니라 실험을 준비하는 태도와 실험 과정, 그리고 실험 결과를 실제 실험과 유사하게 경험할 수 있도록 했다. 학교에서 실험을 진행하면 실험과정을 그대로 따라가야 한다는 한계가 있다. 하지만 실험을 통해 다양한 결과를 확인하고 바로잡아 가는 과정이 필요하기 때문에 다양한 피드백을 제공했다. 따라서 학습자의 실험에 대한 흥미가 높아질 것이라고 예상된다. 본 연구의 결과물이 어플리케이션을 활용하면 학교 현장에서의 시간적, 경제적 부담이 덜어질 것이며 게임을 제공하기 때문에 학습자의 실험에 대한 흥미를 증진시키는 데 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 송진웅, 나지연, “2015 과학과 교육과정 개정의 주요 방향 및 쟁점 그리고 과학교실문화,” 현장과학 교육, 제9권, 제2호, pp.72-84, 2015.
- [2] 박영순, 손정우, 김미영, 구자옥, “핵심역량과 융합 교육에 초점을 둔 과학과 교육과정 개선방향 연구,” 한국과학교육학회, 제34권, 제3호, pp.321-330, 2014.
- [3] 이창윤, 박철규, 홍훈기, “Flash와 Actionscript 3.0을 이용한 과학 시뮬레이션 앱의 디자인 및 효과 - 중학교 과학 ‘물질의 구성’ 단원을 중심으로-,” 한국과학교육학회, 제38권, 제4호, pp.527-539, 2018.
- [4] 조현국, “2015 개정 교육과정에서 나타나는 과학적 탐구 요소 분석 : 과학탐구실험을 중심으로,” 교과교육연구(이화여자대학교), 제22권, 제3호, pp.208-218, 2018.
- [5] 교육부, *실험활동 중시의 초중등 과학 탐구교육 진흥방안 정책연구 2002-26*, 2002.
- [6] 이준희, “이러닝에서 효율적인 시뮬레이션 기반 콘텐츠 설계,” 한국콘텐츠학회논문지, 제5권, 제5호, pp.325-333, 2005.
- [7] C. M. Reigeluth and E. Schwartz, “An instructional theory for the design of computer-based simulations,” *Journal of Computer-Based Instruction*, Vol.16, No.1, pp.1-10, 1989.
- [8] 김창현, 백두권, “웹 기반에서의 과학 가상 실험 모형,” 한국시뮬레이션학회 추계학술대회 논문집, pp.228-234, 2000.
- [9] 이성묵, 채광표, 남경운, 노태희, 서인호, 강석진, 김영수, 김재근, 이현주, 이문원, 권석민, 손영운, *중학교 과학 교사용지도서*, 금성출판사, 2012.
- [10] 이문원, *중학교 과학2*, 금성출판사, 2015.
- [11] 이문원, 권석민, 김광수, 이효녕, 채광표, 박영직, 강창호, 하윤경, 조은미, 조향숙, 권용주, 이일선, 김대준, *중학교 과학 교사용지도서*, 금성출판사, 2015.
- [12] 박형성, “QR 코드를 활용한 퀘스트 기반학습 개발 및 적용사례 연구,” 한국게임학회 논문지, 제11권, 제5호, pp.79-88, 2011.
- [13] 백영균, 한승록, 박주성, 김정겸, 최명숙, 변호승, 박정환, 강신천, 윤성철, *스마트 시대의 교육방법 및 교육공학 학지사*, 2016.
- [14] 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9], [http://www.ktbook.com/info/2015%EA%B0%9C%EC%A0%95%EA%B5%90%EC%9C%A1%EA%B3%BC%EC%A0%95/%EB%B3%84%EC%B1%859\\_%EA%B3%BC%ED%95%99%EA%B3%BC%20%EA%B5%90%EC%9C%A1%EA%B3%BC%EC%A0%95.pdf](http://www.ktbook.com/info/2015%EA%B0%9C%EC%A0%95%EA%B5%90%EC%9C%A1%EA%B3%BC%EC%A0%95/%EB%B3%84%EC%B1%859_%EA%B3%BC%ED%95%99%EA%B3%BC%20%EA%B5%90%EC%9C%A1%EA%B3%BC%EC%A0%95.pdf)
- [15] 박현미, 정의철, “방탈출 게임 디자인을 위한 시나리오 구성방법 제안,” 한국 HCI 학회 학술대회, pp.1044-1047, 2017.
- [16] 이동은, “게임 교과목 교육을 위한 4PBL 모델 제안 연구,” 한국게임학회 논문지, 제18권, 제5호, pp.93-102, 2018.
- [17] 김범준, *유니티 2D 게임 공작소*, 길벗, 2015.
- [18] 사이먼 잭슨, *RPG를 만들면서 배우는 유니티 2D 게임 개발*, 에이콘출판, 2015.
- [19] 김정열, 문기영, *유니티 2D 모바일 게임 개발*, 에이콘출판 2014.
- [20] 박상현, *이것이 C#이다*, 한빛미디어, 2018.

저 자 소 개

이 현 주(Hyunju Lee)

준회원



▪ 2016년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 학부생

<관심분야> : 게임 프로그래밍, 융합 콘텐츠 제작, 컴퓨터교육

김 유 리(Yuri Kim)

준회원



- 2016년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 학부생

<관심분야> : 게임프로그래밍, 디지털 콘텐츠 제작, 컴퓨터교육

박 찬 정(Chan Jung Park)

종신회원



- 1988년 2월 : 서강대학교 전자계산학과(공학사)
- 1990년 2월 : KAIST 전산학과(공학석사)
- 1998년 2월 : 서강대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)

- 1990년 3월 ~ 1994년 2월 : 한국통신 소프트웨어연구소 전임연구원
- 1998년 2월 ~ 1999년 9월 : 한국통신 멀티미디어연구소 전임연구원
- 1999년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 교수
- 2011년 1월 ~ 2011년 12월 : 미국 UC Berkeley 방문학자
- 2017년 8월 ~ 2018년 2월 : 미국 Stockton 대학교 방문학자

<관심분야> : 스팀 콘텐츠, 영재교육, 창의성 교육, 컴퓨터교육