

스마트폰 앱 어플리케이션 개발을 위한 기존 물리학습
게임에 관한 사례 연구
A Study on the Physics Game for Development of App
Application of SmartPhone

김경미 (Kim, Kyung Mi)
(주)소만사, 뉴미디어랩, 소장
(SOMANS co. ltd, New Media Lab, Director)

윤주현 (Eune, Ju Hyun)
서울대학교, 디자인학부, 교수
(Seoul National University, College of Fine Arts, Professor)

이윤상 (Lee, Eune Sang)
송실대학교, 물리학과, 교수
(Soongsil University, College of Natural Sciences, Professor)

논문투고일 : 2010년 11월 23일
논문심사일 : 2010년 12월 5일
논문게재확정일: 2010년 12월 15일

한국영상학회 논문집 Journal of Korean Society of Media and Arts 제8권 No. 3

스마트폰 앱 어플리케이션 개발을 위한 기존 물리학습
게임에 관한 사례 연구

A Study on Physics Game for Development of App
Application of Smartphone

김경미 ((주)소만사, 뉴미디어랩 소장)
Kim, Kyung Mi (SOMANSA co. Ltd, New Media Lab, Director)

윤주현 (서울대학교, 디자인학부 교수)
Eune, Ju Hyun (Seoul National University, College of Fine Arts, Professor)

이운상 (숭실대학교, 물리학과 교수)
Lee, Eune Sang (Soongsil University, College of Natural Sciences, Professor)

ABSTRACT

This is a research for the execution of the project that studies physics games as an edutainment tool through case studies on physics game applications in smartphones. Normally, people perceive physics as a difficult science full of complex computations and formulae. But physics was created through an effort to understand everyday phenomena logically, easily and simply. Therefore what is more important than computation is intuition. Physics therefore lets people question the very essence of things, and it explains and analyzes various examples of physics games based on dynamics. It prepares the basis for using smartphones, which are more portable and network-friendly than the conventional personal computers, to transform games into educational media targeted for lower grade elementary school students. It purports to study the possibility of maximizing the advantage of using games for 'fun education', without sacrificing the educational content and effects.

국문초록

본 논문은 스마트폰 앱 어플리케이션 제작을 위한 기존 물리학습 게임의 사례연구이다. 물리학을 보통 떠올리면 복잡한 계산이나 수식으로 가득한 어려운 학문으로 생각한다. 그러나 물리란 우리 주위에서 일어나는 모든 현상들에 대해서 합리적으로 쉽고 간단하게 이해하려는 노력에서 나온 것으로, 계산보다는 직관력이 중심이 된다. 스마트폰은 멀티미디어 입출력이 가능한 통신기기이며 스마트폰 내부에는 여러 가지 물리량 센서가 내장되어 있다. 이러한 장점을 이용하여 다소 어렵다고 느끼는 물리 개념의 시각화를 쉽게 실현할 수 있다. 본 논문은 현재 스마트폰용으로 개발된 물리적 요소가 있는 게임을 소개하면서 게임들의 특징과 물리학의 어떤 개념들이 있는지에 대해 알아보는 연구이다. 기존 게임들은 학습을 목적으로 만들어진 게임이 아니어서 학습 효과를 기대하기 어렵다. 전통적인 컴퓨터 매체보다 휴대 간편하고 네트워크가 항상 연결되어 있는 스마트폰을 이용하여 게임의 교육매체화를 위한 토대를 마련한다. '재미있는 교육'을 위해 교육적인 효과와 내용에 충실하면서 게임의 장점을 최대한 살리는 가능성을 탐구한다.

중심어 : 스마트폰, 앱 어플리케이션, 게임, 물리, 인터랙션

Keyword : Smartphone, App Application, Game, Physics, Interaction

목차

1. 들어가는 글
2. 물리학에 관한 개요
 - 1) 물리 콘텐츠의 중요성
 - 2) 물리학의 학습 방법
3. 스마트폰의 물리학 원리
 - 1) 스마트폰에 내장되어 있는 센서의 종류
 - 2) 물리 콘텐츠와 스마트폰 센서
4. 스마트폰에서 Physics Game 사례
 - 1) Crayon Physics
 - 2) Newton's Cradle
 - 3) Paper Toss
 - 4) Tiki Towers
 - 5) Angry Bird
5. 스마트폰과 타블렛 PC가 연결된 게임
6. 마치는 글

참고문헌

1. 들어가는 글

물리학을 떠올리면 보통 복잡한 계산이나 수식으로 가득한 어려운 학문으로 생각한다. 그런 어려움과 난해함 때문에 우리는 물리학과 거리를 가지고 있는 것은 사실이다. 그러나 물리란 우리 주위에서 일어나는 모든 현상들에 대해서 합리적으로 쉽고 간단하게 이해하려는 노력에서 나온 것으로 계산보다는 직관력이 중심이 된다.

스마트폰은 멀티미디어 입출력이 가능한 통신기기이며 여러 가지 물리량 센서가 내장되어 있다. 이러한 장점을 이용하며 다소 어렵다고 느끼는 물리 개념의 시각화를 쉽게 실현할 수 있다. 스마트폰을 이용한 물리학습 게임을 개발하면 학습자가 수동적이지 않고 인터랙티브하게 학습에 참여할 수 있다. 이는 과학학습에 중요한 '참여실습, 실험학습' 등과 연관되므로, 과학교육의 효과를 극대화 할 수 있다. 본 논문은 물리 개념의 시각화를 위한 앱 어플리케이션을 개발하기 위해서는 사전에 물리학에 관한 개요와 스마트폰의 특성 그리고 기존 스마트폰용 물리게임에 대한 사례를 연구하였다.

2. 물리학에 관한 개요

1) 물리 콘텐츠의 중요성

대표적인 기초과학인 물리학은 물질의 물리적 성질과 물체의 운동, 열, 소리, 빛, 전기 에너지 등의 모든 현상과 구조 등을 연구하며 그 사이의 관계, 법칙을 밝히는 과정이다. 전문적인 분야로는 물성론, 역학, 음향학, 열학, 광학, 자기학, 전기학, 원자물리학 등으로 나뉜다. 물리학의 활용은 물리학의 지식으로 자연에 묻고, 실험, 관찰로 확인하여 그 해답을 연구하며, 그 결과로 얻어지는 규칙성으로 자연현상을 설명한다. 그러므로 물리학은 자연, 사람의 감각과 사색 및 경험, 실험기구 등이 어우러져 연출해 내는 인간의 지적 활동이라 할 수 있다. 물리학의 지식은 기술로 이전되며, 그 기술이 과학의 발전을 추구한다. 이러한 물리학과 기술 사이의 특성은 산업 발전에 직접적인 영향을 주고 새롭고 편리한 첨단 과학의 생활용품을 다량으로 생산하여 생활에 활용할 수 있게 함으로써 인간 생활을 더욱 풍요롭게 한다.

2) 물리학의 학습 방법

우리가 과학을 공부하는 목적은 과학의 기본 지식을 습득하고 과학적인 사고방식을 길러서 합리적인 삶을 살아가는 방법을 터득하는 데 있다. 물리학은 과학 과목 중에서도 어려운 과목으로 생각되어 진다. 그러나 물리 법칙들을 단순히 암기하려고 하지 말고 기본 개념과 원리 및 법칙을 상호연관 시켜가면서 이해하려고 노력하면 결코 어렵지 않다는 것을 깨닫게 될 것이다.

(1) 대표적인 물리학의 학습 방법과 교육과정에서 물리 개념

주변생활의 현상과 연관시킨다. 과학자적 탐구를 수행하게 한다. 물리 내용과 연관된 게임 활동, 문제 풀이를 활용한다. 실생활과의 연관성을 강조한다. 인터넷 등을 적극적으로 활용한다.

<표 1> 과학의 시각화에 유리한 물리학 분야의 핵심 개념

분류	핵심개념	참고사항
고전역학	일의 원리 질량중심 및 질량 중심 의 운동 각운동량 보존의 법칙	가장 대중적인 물리현상
유체역학	베르누이의 법칙	아구공/축구공의 휘어짐, 양력
파동역학	공명, 정상파	유리잔 연주, 현악기의 원리
전자기학	전자기 유도	발전기, 자이로드롭
광학	반사, 굴절, 편광	편광을 이용한 3D 이미 지
현대물리	CCD의 원리(빛을 전기 신호로 전환)	2009년 노벨물리학상 주 제

(2) 물리교육에서 스마트폰을 이용한 과학 시각화의 도입

물리학의 핵심개념이 수학적으로 기술되어 논리적으로 이해되는 장점이 있는 반면, 비교적 어려운 수학에 대한 거부감으로 물리 개념 학습에 대한 접근성이 떨어지고 있는 것이 사실이다. 이를 극복하기 위해 미디어를 이용하여 물리 내용의 시각화를 시도하고 스마트폰을 활용하면 학습효과는 극대화 될 것으로 기대된다. 이를 최대한 활용하기 위해서 물리학 전반을 검토하면서 시각화에 유리한 물리 이론을 선택적으로 선정할 수 있다. 본 논문은 현재 개발 진행 중인 앱 어플리케이션을 바탕으로 대부분의 물리 개념을 시각화하여 접근성을 높이고 자연스럽게 수학기산을 활용하도록 유도하여 물리 개념을 제대로 이해시키려 한다.

초등학교에서 대학교까지 과학교육과정을 살펴보면 동일한 개념을 반복적으로 소개하고 개념의 이해수위를 높여 가는 방식을 택하고 있다. 이러한 이유로 초등과정, 중등과정에서 충실한 과학 교육의 중요성이 필요하다. 물리 개념의 완벽한 이해를 위해서는 반복 학습, 또는 반복훈련이 필요하다. 그러므로 휴대용 스마트폰을 활용하여 수시로 물리 콘텐츠에 접근하면서 학습한다면 매우 효과적일 수 있다는 것을 쉽게 예상할 수 있다.

3. 스마트폰의 물리학 원리

멀티미디어 입출력이 가능한 통신기기인 스마트폰에는 여러가지 물리량 센서가 내장되어 있다. 이러한 장점을 이용하며 다소 어렵다고 느끼는 물리 개념의 시각화를 쉽게 실현할 수 있으며, 학습자가 수동적이 아니라 인터랙티브하게 학습에 참여하게 된다. 이는 과학학습에 중요한 '참여실습, 실험학습' 등과 연관되므로 과학교육의 효과를 극대화 할 수 있다.

1) 스마트폰에 내장되어 있는 센서의 종류

스마트폰 중 iPhone에 내장되어 있는 센서의 종류에 대해서 알아보고자 한다. 센서의 종류는 주변광 센서, 근접 센서, 가속계, 디지털 나침반 등이 있다.

(1)주변광 센서(ambient light sensor)

주변 밝기를 감지하고 스크린 밝기 조절을 위해 사용한다.

(2)근접센서(approximity sensor)

기기 전면부에 사물이 가까이 있는지 감지하며 통화중 스크린에 얼굴이 가까워지면 터치 기능을 차단한다.

(3)가속계(accelerometer)

가속계에는 두 가지 센서가 있다. G-sensor와 Gyro-sensor로 G-sensor는 중력을 감지하는 센서인데 움직일 때는 운동에 의한 가속도까지 검출한다. 중력과 그에 대한 각도, 가속도에 응용할 수 있으나 움직이는 상태에서의 각도는 검출하기 어렵고 정지되어 있어야 중력에 의한 각도를 검출할 수 있다. 차량용 네비게이션에서도 사용된다. Gyro-sensor는 좌표계나 고도가 변화되는 상태에서 조준상태를 유지하고 타겟을 정확히 타격하기위해 사용되는 것으로 카메라의 손떨림 보정이나 자동차, 비행기의 조향장치 등에 널리 사용되고 있다. 자이로스코프의 원리를 사용한 것이다.

Gyro-Sensor는 휴대폰의 방향 및 움직임 감지로 다양한 어플리케이션에 사용된다.

예1. Candle Frame : iPhone의 방향을 감지해 촛불을 위로, 촛농은 아래로 향하게 한다.

예2. Bobble Monk : iPhone의 움직임을 감지하여 화면 속 인형의 머리가 흔들린다.

예3. Punch Mach : iPhone을 손에 쥐고 팔을 뻗으면 그 가속도를 측정, 펀치의 점수를 정하는 게임.

예4. Neon Board : iPhone을 규칙적인 속력으로 좌우로 흔들면 공중에 글씨의 잔상이 남게 되는 원리.

또한 Gyro-Sensor는 각종 어플리케이션의 가로, 세로 UI 설정 시에도 사용된다.

(4)디지털 나침반(digital compass)

Magnetic field sensor는 위치 정보 인식용으로 사용된다. 자기장의 영향을 받으며 금속을 탐지할 때 사용할 수도 있다.

(5)카메라(camera)는 화면 인식: 2D 이미지를 인식 한다.

(6)마이크(microphone)는 음성 인식: 압력 감지

(7)GPS는 위치 추적 장치이다.

(8)터치스크린(touch screen)은 2D display 입력 장치다.

2) 물리 콘텐츠와 스마트폰 센서

물리의 핵심 개념을 스마트폰용 학습 콘텐츠로 제작할 경우 스마트폰의 센서를 활용하여 학습효과를 극대화 할 수 있다. 물리학은 그 속성상 물체간의 상호작용과 밀접히 관련되어 스마트폰에 장착되어 있는 감각 센서를 활용하기에 적합한 과학교육이다. 특히 고교 과정까지의 물리교육이 주로 거시적인 물체간의 상호작용을 다루는 뉴턴 역학, 파동 역학, 유체 역학, 전자기 동력학에 집중되어 있기 때문에 스마트폰을 활용하기에 적합하다고 할 수 있다. 앞 절에서 제안한 물리개념을 콘텐츠화 할 때 스마트폰에서 활용할 수 있는 센서를 표2에 정리하였다.

<표 2> 물리 개념과 스마트폰 센서의 연결

분류	핵심개념	스마트폰 센서
고전역학	일의 원리 질량중심 및 질량중심의 운동 각운동량 보존의 법칙	가속센서(G-센서, Gyro- 센서), 디지털 나침반, 근 접센서,
유체역학	베르누이의 법칙	압력센서, microphone
파동역학	공명, 정상파	진동센서
전자기학	전자기 유도	가속센서
광학	반사, 굴절, 편광	G-센서, GPS, 2D 터치 스크린, 주변광센서,
현대물리	CCD의 원리(빛을 전기 신호로 전환)	카메라

4. 스마트폰에서 Physics Game 사례

1) Crayon Physics

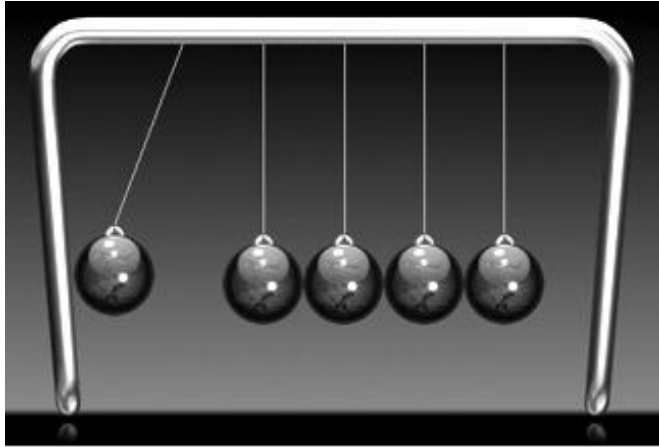


<그림 1> Crayon Physics Delux, KILONINGGAMES, Ltd.

Crayon Physics Delux는 2009년 1월 7일 Petri Purho에 의해 디자인되었다. 초기 버전인 Crayon Physics는 2008년 Independent Games Festival에서 대상을 받은 우수한 프로그램이다. 이 게임은 2D physics simulation으로 중력, 무게, 키네틱 엔진, 탄성이동 등이 가능하게 한다. 손으로 형태를 사용자가 직접 그리고 움직여 문제를 해결하는 방식이다. 게임 방법은 ball(공)을 한 번 탭하여 화면의 오른쪽으로 공이 굴러가면서 시작한다. Box(상자)를 그려 그것을 이용해서 공을 옮길 수도 있고 선을 그어 지렛대의 원리를 이용해서 공을 옮길 수도 있다. 기본 개념을 획득한 후 손가락으로 자유자재로 원하는 모양의 그림을 그려서 공을 원하는 곳에 넣고 어떻게 별을 획득할 수 있을까를 물리의 원리를 이용해서 사용자가 생각하면서 진행해보는 게임이다. 두 번 탭하면 그랬던 그림이 삭제되고 화면이 초기화된다. 2D의 크레용 그림으로 디자인되었고 자유롭고 직관력을 발휘할 수 있는 수준 높은 게임이다. 공개된 2D 물리엔진 (Erin Catto's Box2D physics engine) SDL 라이브러리를 사용해서 C로 제작되었다. 이 게임을 통해 스마트폰으로 물리학습을 시각화하는데 가능성이 많음을 확인할 수 있었다.

2) Newton's Cradle

Newton's Cradle Classic은 가볍게 던치하거나 드래그하면 볼들에 나타나는 요람의 움직임같은 모션을 볼 수 있다. 스크린을 왼쪽이나 오른쪽으로 기울이거나 그네 타듯 움직이는 볼을 차단할 수도 있으며 물리학의 법칙을 즐길 수 있는 게임이다. 이 게임에 들어있는 물리학적 요소를 더 살펴보면, 중력에 의한 진자의 운동으로 아이폰을 기울이는 정도에 따라 중력의 크기, 방향을 조절할 수 있다. 또한 진자 간의 충돌에 의한 운동량 전달로 진자의 갯수로 전달되는 운동량의 크기를 조절한다. 포물선은 추가 매달려 시계추처럼 흔들리는 것이 아이폰을 기울이면 중력이 감소하거나 방향이 바뀐다.



<그림 2> Newton's Cradle Classic, Enabled Solutions Pty Ltd

3) Paper Toss



<그림 3> Paper Toss, Backflip Studios

일상에서 흔히 사람들이 종이를 구겨 쓰레기통에 던져 넣는 행위에서 착안된 게임이다. 바람의 방향과 바람의 속도에 따른 도전이 관건인 게임으로 바람의 방향은 그림3의 오른쪽 아래의 선풍기가 화면의 좌우로 이동하면서 방향을 결정하고 바람의 속도는 그림에 명시되어 있는 숫자로 알 수 있다. 게임의 모드는 Easy/Medium/Hard 세 가지로 정할 수

있는데 휴지통의 거리가 단계에 따라 멀어진다. 배경 또한 공항/지하실/화장실/사무실로 정할 수 있는데 기본 게임 배경은 사무실이다. 선풍기로 인한 풍향의 화살표가 왼쪽에서 시작되면 오른쪽으로 구겨진 종이를 돌려서 조준하고 풍향의 정도에 따라 드래그 길이로 강도를 조절하는 것이 게임의 방법이다. 이 게임에서 물리학의 법칙이 드러나는 것은 포물선 운동과 상대속도, 유체역학이다.

4) Tiki Towers

Tiki Towers는 2D 물리 엔진을 이용한 퍼즐 게임이다.

제한된 대나무 막대를 가지고 다리를 만드는 게임으로 5마리의 원숭이들이 그 다리를 이용해 점프, 그네타기, 오르기 등으로 목적지까지 도달하는 게임이다. 사용자가 만들었던 대나무 다니는 저장되므로 게임이 끝난 후에도 돌려 볼 수 있고 수정할 수 있게 디자인 되었다. 다양한 목표를 만들어 진행할 수 있고 물리학의 지식을 좀 더 생각해보고 수정해서 적용해 볼 수 있는 장점이 있다. 이 게임에서는 공학적인 건물 구조에 대한 탐구와, 정역학과 힘의 평형과 분배 등의 물리학적 요소가 있다.



<그림 4> Tiki Towers, Game House

5) Angry Birds

앵그리 버즈는 2009년 12월 10일 출시된 핀란드 로비오 모바일(Rovio Mobile)사에서 개발된 퍼즐 비디오 게임이다. 이 게임이 아이폰과 아이팟 터치의 OS 버전으로 개발되었을 때, 천만 번 이상이 다운로드 되었고, 다른 안드로이드 폰의 버전들이 생기기 시작했다. 2010년 11월 디지털 트랜즈 닷컴은 3천 6백만번의 다운로드를 기록하면서 이 게임은 주류 게임 중 하나가 되었다. 발행사는 칠링고(Chillingo), 버전 1.4.4 플랫폼은 애플 iOS, MeeGo(Nokia N900), 웹 OS, 안드로이드, 심비안 OS, 마이크로소프트 윈도, 모블린, 입력 장치는 스마트폰의 터치스크린이다. 과거 포트리스 게임처럼 폭탄 던지기 형식의 게임인데 폭탄 대신 살아 있는 새를 이용하여 일종의 자유도를 부과하였다. 특징 없이 날아가거

나 2-3개로 분리 되거나, 알을 낳거나 로켓 처럼 추진력을 얻거나 하는 특징이 있다. 여기서 물리학적 법칙은 방향과 속도로 낙하지점을 결정하는 포물선 운동과 분리, 쪼개짐 시에 운동량 보존에 의해 속도나 방향이 결정될 수 있는데 엄청난 인기에 비해 엄밀한 물리 계산 결과를 사용한 게임은 아니다.



<그림 5> Angry Birds, Rovio Mobile

5. 스마트폰과 태블릿 PC가 연결된 게임

스마트폰인 iPhone과 태블릿PC iPad가 연결되어 있는 게임으로 Pad Racer라는 게임이 있다. iPad가 레이스 경기장으로 두 명의 사용자가 각자의 iPhone으로 경기를 하는 게임이다. iPad Game Application으로 iPhone이 컨트롤러가 되서 iPad 안에서 경기를 한다. iPhone으로 컨트롤러 앱을 다운 받아 4명까지 게임을 할 수 있다.

Pad Racer는 레이싱게임으로 초기화 버전이고 다른 게임기나 오락기, PC기반의 레이싱 게임에서는 이미 전문화된 물리엔진이 사용되고 있다. 레이싱 게임에서 물리엔진을 '차량의 움직임을 시뮬레이션'하는 부분이라고 할 때 크게 세 가지의 기능이 있다. 충돌 처리, 차량 구조 처리, 타이어 접지력 처리로 나뉘어 진다. 충돌 처리는 범용 물리엔진(Havok, PhysX, ODE 등의 라이브러리를 사용)을 사용하게 되는 가장 큰 이유 중의 하나로 복잡한 계산과 빠른 처리를 위한 최적화를 필요로 하기 때문이다. 범용 물리엔진을 사용하지 않은 레이싱 게임들은 차량을 뒤집히지 못하거나 또는 트랙 밖으로 나가지 못하는 차량의 움직임을 제한 하곤 하는데 이는 충돌 처리의 한계에 의한 것일 때가 많다. 차량 구조의 처리는 차체 동역학, 서스펜션(suspension), 엔진, 변속기 등을 구현한다. 타이어 접지력 처리는 레이싱 게임의 핵심적인 부분이다. 위의 두 가지와 달리 범용 물리 엔진에서는 제대로 지원하지 않는 것이다. 차량은 달리면서 타이어를 통해 대부분의 힘을 전달 받기 때문에 타이어의 접지력을 어떻게 계산하는가에 따라 차량의 움직임이 크게 달라진다. 어떤 게임은 타이어를 계산하지 않는 경우도 있고 어떤 레이싱 게임에서는 아주 정밀한 수

준까지 계산하기도 한다. 타이어 접지력 처리를 제대로 하는가를 알아 볼 수 있는 것은 한계상황을 재현해봄으로서 알 수 있다. 스핀턴이나 드리프트, 180/360도 턴이 제대로 되지 않는 게임은 타이어 접지력을 제대로 시뮬레이션 하지 않는 것으로 볼 수 있다.



<그림 6> Pad Racer, SMHK Funlab

6. 마치는 글

스마트폰의 내장되어 있는 센서를 활용한 기존 물리게임의 사례를 살펴보면서 물리학 관점의 게임은 약간의 지식과 많은 시간을 들인 신체운동과 같다는 견해도 발견할 수 있었다. 반면 학습이 중점적인 프로그램은 과정의 재미를 없앤, 결과 중심적이어서 내용의 전달을 어떻게 잘 할 수 있을까에 대한 연구는 미흡하다. '교육적 게임'을 추구한다면 재미 요소는 상당한 수준으로 보존되겠지만 그것에 담게 될 교육적 내용이나 효과는 제한적일 것이며 '재미있는 교육'을 추구한다면 교육적 내용에 있어서는 충실할 수 있으나 게임으로서의 흡인력은 상당부분 감소할 것이다. 위의 사례 연구를 기반으로 게임의 과정에 재미를 준 요소인 보상을 분명히 하고 가상 세계를 현실과 같이 만들면서 축소, 확장, 집중, 단순화시켜 참여하게 하는 상호작용 등을 적용할 수 있을 것이다. 또한 게임에서 재미는 긴장과 이완, 문제와 해결, 경쟁과 승리, 기다림과 발견, 새로움과 놀라움을 끊임없이 제공한다. 그러나 게임의 재미 요소에 대한 설계뿐 아니라 특정의 학습자 대상에 대한 학습 내용을 분명히 하고 기대하는 학습자의 변화를 일으킬 수 있는 최적의 교수 방법으로 학습효과를 획득하는 가능성을 모색하기 위해 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. 스마트폰과 태블릿 PC가 연결된 게임의 사례와 같이 스마트폰이 실험 키트의 역할을 하고 태블릿 PC에서 물리 원리를 좀 더 자세히 설명해주는 e-book을 고려해볼 필요도 있다. 일방적인 학습의 진행이 아니라 사용자 혹은 학습자가 게임을 통해 물리학습을 할 때 좀

더 심화된 학습을 원한다면 네트워크에도 연결하여 바로 질문하고 그에 상응하는 답변과 해제를 더하다면 학습효과는 극대화 될 것이다. 이와 같이 스마트폰을 활용한 물리학습 게임의 연구는 많은 가능성을 가지고 있다고 할 것이다.

참고문헌

- 한국게임산업개발원 편저 (2003). 게임 제작 및 운용기술 교육용 게임시장 분석 및 개발 전략. 서울: 도서출판 정 일
- Epstein, Lewis C. & Hewitt, Paul G. (1990). *Thinking Physics*. 백윤선(역) (1990). 재미있는 물리여행-역학, 유체, 열, 진동. 서울: 김영사.
- Baker, Joanne (2007). *50 Physics Ideas You Really Need to Know*, 김명남(역) (2010). 물리와 함께 하는 50일. 서울: 북로드
- Macaulay, David .(2004). *The Way Things Work* 박영재, 박은숙(공역) (2009). 도구와 기계의 원리. 서울: 서울문화사
- Salen, Katie & Zimmerman, Eric (2004). *RULES OF PLAY: Game Design Fundamentals*, 윤희섭, 권용만(공역) (2010). 게임디자인원론. 서울: 지코사이언스.
- Best Physics iPhone Games, <http://www.mrbass.org/iphone/bestgames/physics/>
- Crayon Physics Delux, http://en.wikipedia.org/wiki/Crayon_Physics
- Newton's Cradle Classic, <http://itunes.apple.com/us/app/newtons-cradle-physics/id348642100?mt=8>
- Paper Toss, http://en.wikipedia.org/wiki/Paper_Toss
- Tiki Towers, http://en.wikipedia.org/wiki/Tiki_Towers
- Angry Birds, http://en.wikipedia.org/wiki/Angry_Birds
- Pad Racers <http://www.padracers.com/>