Journal of The Korean Association
of Information Education Vol. 20, No. 3,
June 2016, pp. 235-242

http://dx.doi.org/10.14352/jkaie.2016.20.3.235
© 2016 KAIE

피지컬 컴퓨팅 교육을 통해 교사가 지각한 기회 및 도전요소

최형신* · 이상민* · 이정화** · 우창문***

춘천교육대학교 컴퓨터교육과* · 와우초등학교** · 서석(청량)초등학교***

요 약

피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어를 결합하여 추상적 아이디어를 창의적으로 표현하고 구체적인 산출물로 만드는 과정에서 컴퓨팅 원리를 활용하는 것이다. 최근 오픈소스 하드웨어 및 3D 프린터의 보급으로 피지컬 컴퓨팅에 대한 접근성이 높아졌다. 그러나 이를 교육 현장에 접목하기 위해서는 교사의 관심과 역량이 뒷받침되어야 한다. 본 연구에서는 초등 교사들이 피지컬 컴퓨팅 관련 기본 소양 교육을 받은 뒤에 그 과정에서 경험한 피지컬 컴퓨팅 교육의 기회와 도전적 요소를 제시하였다. 본 연구의 결과는 피지컬 컴퓨팅에 대해 관심을 가지고 있는 교사들과 피지컬 컴퓨팅 교사 연수 프로그램 구성에 시사점을 제공한다.

키워드 : 피지컬 컴퓨팅, 아두이노, 3D 모델링, 3D 프린팅, 융합 교육

Opportunities and Challenges Perceived by Teachers from Physical Computing Education

Hyungshin Choi* · Sangmin Lee* · Jeonghwa Lee** · Changmun Woo***

Dept. of Computer Education, Chuncheon National University of Education* · Wau Elementary School** · Seoseok(Cheongryang) Elementary School***

ABSTRACT

Physical computing is utilizing principles of computing in the process of expressing one's ideas creatively and implementing them into tangible objects by combining hardware and software. Recent deployment of open source hardware and 3D printers increased the accessibility of physical computing. However, incorporating these into educational practices requires teachers' interest and competencies. This study aims to share the perceived opportunities of developing physical computing based lessons and challenges from teachers' experiences while primary teachers participated in learning fundamentals of physical computing and developing lessons. The findings of this study provide implications to the teachers who are interested in adopting physical computing into classes and in designing teacher training programs.

Keywords : Physical Computing, Arduino, 3D Modeling, 3D Printing, STEAM

교신저자 : 최형신(춘천교육대학교 컴퓨터교육과)
논문투고 : 2016-04-05
논문심사 : 2016-04-06
심사완료 : 2016-04-16

1. 서론

피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어를 결합하여 추상적 아이디어를 창의적으로 표현하고 구체적인 산출물을 만드는 과정에 컴퓨팅 원리를 활용하는 것이다. 피지컬 컴퓨팅에 활용될 수 있는 하드웨어는 학습자의 특성을 반영하여 다양한 형태로 구성될 수 있다. 예를 들면 바나나로 만드는 피아노, 찰흙으로 구현하는 게임 조이스틱, 종이로 만드는 드럼, 주변이 어두워지면 밝아지는 브로치 등 적용 범위가 다양하여 학습자는 자기가 선호하는 주제를 선택하여 피지컬 컴퓨팅 경험을 할 수 있다. 이와 같은 넓은 선택의 폭은 모든 학습자가 피지컬 컴퓨팅에 긍정적으로 참여하게 함으로써 향후 디지털 사회의 창조 인재 양성이라는 측면에서 모든 학습자에게 기회를 제공할 수 있다는 장점이 된다. 아두이노는 피지컬 컴퓨팅에 활용되는 플랫폼 중의 하나로서 센서들로 연결되어 센서로 측정된 값을 받아들여 다양한 기능을 수행하게 하며 하드웨어와 소프트웨어를 연동시킬 수 있게 한다. 아두이노는 가격이 저렴하여 접근이 용이하며 크기가 작아 휴대가 간편하고 직접 회로를 연결하여 자신이 원하는 작품을 만들 수 있다는 장점을 가진다.

최근 아두이노를 보다 사용하기 쉽게 만든 피지컬 컴퓨팅 환경이 조성되면서 초등학생들도 피지컬 컴퓨팅을 활용하여 자신의 아이디어를 표현하고 구체적인 산출물을 만드는 것이 가능해졌다. 또한 3D 프린터를 활용하면 학생들은 자신의 아이디어를 모델링하여 피지컬 컴퓨팅에 자신만의 스타일을 입힐 수 있게 되었다. 그러나 이를 초등교과에 접목하기 위해서는 교사의 관심과 역량이 뒷받침되어야 한다. 본 연구는 초등교사들이 피지컬 컴퓨팅 관련 기본 소양 교육을 받은 뒤에 그 과정에서 지각한 피지컬 컴퓨팅 교육의 기회와 도전요소를 도출하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2.1 피지컬 컴퓨팅 개념 및 교육적 기회

피지컬 컴퓨팅은 물리적 세상과 컴퓨터라는 가상의 세상간의 대화를 만들어내는 것이라고 할 수 있다[8]. 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨터를 사용하되 전통적인 방식과는 다른 설정에서 사용하는 것이다. 기존의 컴퓨터를 활용한 창의적 활동은 소프트웨어 개발에 치중되어 있었다. 그러나 피지컬 컴퓨팅은 하드웨어와 소프트웨어를 결합하여 창의적으로 설계하고 상호작용적인 산출물을 만들어내도록 한다. 피지컬 컴퓨팅의 교육적 도입의 타당성을 논의할 때 제시되는 것은 구체적 학습(tangible learning), 창의적 학습(creative learning), 협력적 학습(collaborative learning)이다. 구체적 학습은 피지컬 컴퓨팅을 통해 추상적 개념을 구체적 수준에서 학습할 수 있다는 것이다. 학생들은 추상적인 컴퓨팅 원리를 일상생활 속의 소재를 가지고 구체적 수준에서 학습함으로써 추상적 개념을 더 쉽게 파악하게 할 수 있다는 것이다. 창의적 학습이란 피지컬 컴퓨팅은 여학생과 남학생 모두 재미를 느끼고 동기를 부여할 수 있는 창의적인 활동이 가능하다는 의미이다. 협력적 학습이란 피지컬 컴퓨팅이 상황적 학습에 더욱 몰입하게 하며 협력적 작업, 공유의 의미를 이해하도록 한다는 것이다.

2.2 피지컬 컴퓨팅 교육 선행 연구

오주형 외는 아두이노 기반 실험 교육이 갖는 피지컬 컴퓨팅의 효과를 분석하였다. 빛과 거리와의 관계에 관한 이론을 배경으로 가지고 아두이노 기반의 회로를 구성하여 빛의 온도와 세기를 측정하는 실험을 진행하였다[7]. 그 결과 탈부착 가능한 소형의 센서와 아두이노만을 이용하여 값비싼 과학 장비들과 같은 교육목적을 달성할 수 있었다. 한편 조준희 외는 아두이노의 활용이 STEAM교육에서 적합한지를 검증하기 위해 아두이노를 기반으로 센서와 LED, 저항 등을 연결하는 회로를 구성하여 성능을 알아보았다[3]. 연구 결과, MBL인터페이스가 가지고 있는 기능 중 아두이노에 연결할 수 없는 센서들이 있어 과학실험을 모두 적용할 수는 없었지만 이두이노에 연결할 수 있는 센서들이 개발된다면 고가장비인 MBL보다 활용가치가 높을 것이라고 주장하였다.

초등교육 맥락에서 손경호는 창의적 체험활동 시간을 이용하여 6학년 대상으로 아두이노 활용 프로그래밍 교육을 위해 STEAM교육과정을 개발하여 교육을 진행하였다[12]. 연구 결과 STEAM교육에 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육을 적용하여 창의성을 제외한 학습

태도, 문제해결력, 흥미, 몰입도에서 교육적 효과가 있음을 확인하였다. 심규헌과 서태원은 과도한 인지 능력을 요구하는 프로그래밍 학습은 논리적인 사고 능력을 신장시키기 어렵다는 문제를 해결할 대안으로 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육과정을 제안하였다[11]. K대학교 정보 영재 학생을 대상으로 프로젝트 과제를 수행한 결과 문제해결력을 향상에 효과가 있음을 보고하였다.

심규헌 외는 아두이노를 활용한 STEAM 커리큘럼 설계, 적용 및 효과를 분석하였다[10]. '파동'이라는 하나의 주제를 바탕으로 과학, 음악, 정보 교과의 관련 지식을 이해할 수 있도록 하였고, 프로그래밍을 통하여 실생활과 연관된 문제를 해결할 수 있도록 하였다. 그 결과 정보 논리적 사고력 신장, 흥미도와 집중도가 높은 정보 교과 STEAM 커리큘럼을 제시할 수 있었다.

유종훈 외는 아두이노 기반 피지컬컴퓨팅을 활용한 SW 개발 교육을 분석하였다. 아두이노를 활용한 화재감지 시스템을 구현함으로써 비전문가에게도 소프트웨어 개발의 진입장벽이 낮다는 점을 이용하여 오픈소스 기반 보드를 사용한 소프트웨어 개발 교육의 실용성을 확인할 수 있었다[13].

이상에서 살펴본 바와 같이 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육은 과학실험에서 MBL장비보다 저렴하다는 장점을 가지고 활용되거나 STEAM교육의 한 방법으로 활용되기도 하며 프로그래밍 교육의 새로운 시도로 활용되고 있다.

3. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구에는 한 교육대학교 대학원에서 '피지컬 컴퓨팅'과목 수강생 중 3인(초등교사 2인과 예비교사 1인)이 참여하였다. 피지컬 컴퓨팅의 개요, 아두이노 사용법, 3D 모델링 실습, 3D 프린팅 실습으로 구성된 내용을 학습하였고, 최종적으로 피지컬 컴퓨팅 팀프로젝트를 직접 제작하도록 하였다. 제작 완료 후에 반구조화된 설문을 실시하여 사전 경험, 참여 동기, 피지컬 컴퓨팅의 기회 및 도전적 요소, 향후 유사 프로젝트 개발시의 고려점 등을 도출하였다.

3.2 피지컬 컴퓨팅 교육 프로그램

초등교사를 대상으로 피지컬 컴퓨팅의 기본 소양 교육을 실시하기 위해 교육 프로그램을 구성하였다. 전체 프로그램 중에서 아두이노를 활용하는 내용의 차시를 4차시로 구성하였고, 3D 프린팅 관련 차시는 2차시로 123D Design 소프트웨어[15]의 기본 사용법을 배우고 컵을 디자인하는 방법을 배우는 것으로 구성하였다<Table 1>.

<Table 1> Physical Computing Program

Lesson	Content
Lesson 1	Introduction to Physical Computing
Lesson 2~5 How to use Arduino	
Lesson 2	Blinking LED Turning on/off with a switch
Lesson 3	Making sound with piezo buzzer
Lesson 4	Using a servo motor
Lesson 5	Blinking LED with a photo resistor
Lesson 6	Introduction to 3D Printing
Lesson 7~8 3D Modeling (123D Design)	
Lesson 7	Introduction to 123D Design
Lesson 8	Modeling 3D Cups
Lesson 9~12	Physical Computing Project (LED lamp responding to environment)

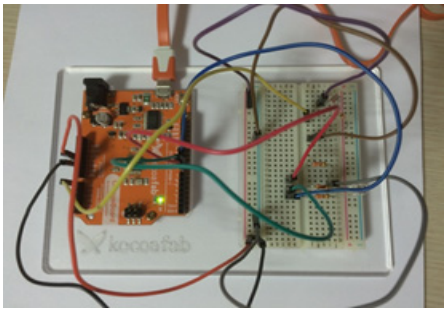
4. 피지컬 컴퓨팅 프로젝트

교육의 후반부에는 참여교사들이 팀으로 피지컬 컴퓨팅 프로젝트를 기획하고 구현하였다. 팀프로젝트의 내용은 아두이노[2]를 가지고 환경에 반응하는 LED 조명 기능을 구현하는 것이었다. 이를 위해 아두이노 보드(지니어스 키트 오렌지보드[6])를 활용하여 프로그램을 작성하고 3D 모델링 소프트웨어를 사용하여 수면등을 모델링하여 제작하였다.

4.1 아두이노 활용 관련 내용

조도센서를 이용하여 어두워지면 LED가 켜지는 수면등을 제작하기 위해 아래와 같은 준비물을 준비하고, 연결 레이아웃대로 브레드보드, 오렌지보드 및 부품을 연결하였다(<Table 2>).

<Table 2> Arduino Parts and Layouts

	Parts	Numbers
Parts	Orange board	1
	5mm RGB LED	1
	330Ω resistor	3
	1k Ω resistor	1
	photo resistor	1
	bread board	1
	jumper cable	9
Layout		

4.2 아두이노 프로그래밍

아두이노 보드가 작동하도록 아래와 같이 프로그래밍하였다<Table 3>.

<Table 3> Arduino Programming

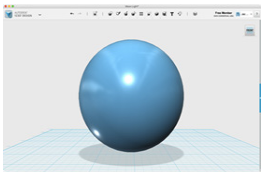
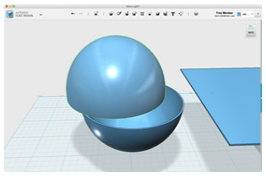
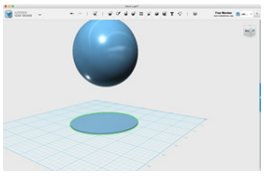
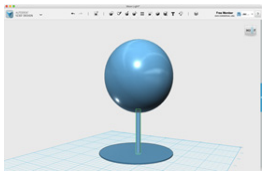
```
int cds = A0;    // photo resistor pin setting
int led_red = 8;     // led pin setting
int led_green = 9;
int led_blue = 10;

int val = 0;     // photo resistor value
const int TURN_ON_VALUE = 200;

void setup(){
  // pin mode setting
  // setting LED as output
  pinMode(led_red,OUTPUT);
  pinMode(led_green,OUTPUT);
  pinMode(led_blue,OUTPUT);
  // setting photo resistor as input
  pinMode(cds, INPUT);

  // initialize serial communication
  Serial.begin(9600);
}
```

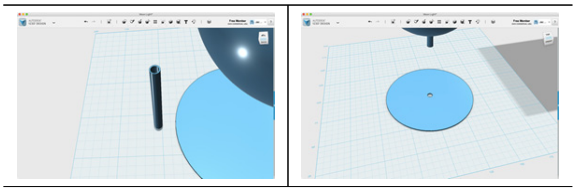
```
void loop(){
      // reading photo resistor
    val = analogRead(cds);
    // printing to the serial monitor
    Serial.println(val);
    if (val < TURN_ON_VALUE){   // in case the light
is less than LED
      // turn on led
      digitalWrite(led_red, HIGH);
      digitalWrite(led_green, HIGH);
      digitalWrite(led_blue, HIGH);
    }
    else{       // if not
      // turn off led
      digitalWrite(led_red, LOW);
      digitalWrite(led_green, LOW);
      digitalWrite(led_blue, LOW);
    }

    delay(500);    // wait 0.5 seconds
}
```

4.3 3D 모델링

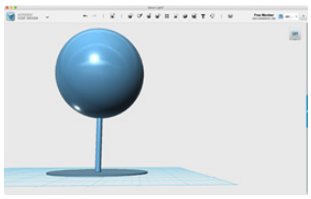
구 형태의 수면등을 만들기 위해 우선 속이 빈 형태로 등을 만들어 안에 LED와 전선을 집어 넣도록 하였다. 아래는 123D Design[14]을 사용하여 모델링한 과정을 단계별로 제시한 것이다<Table 4>.

<Table 4> LED Lamp 3D Modeling

1. make a sphear	2. empty inside of the sphere: Shell function
	
3. make a base with cylinder	4. make a pillar with cylinder
	
5. empty inside of the pillar	6. make a hole to the sphere and base



7. merge the sphere, base and pillar



5. 연구 결과

5.1 사전 관련 교육 경험 및 참여 동기

본 연구의 참여 교사들 중 2명은 사전에 피지컬 컴퓨팅 및 3D 모델링에 대해 매체를 통해서 접해 본 적은 있으나 실제로 경험해 보지는 못하였으며, 1명은 피지컬 컴퓨팅에 대해 들어 보기만 한 정도였고 3D 모델링과 프린팅은 경험한 적이 있었다고 응답하였다. 본 연구에 참여한 동기는 다음과 같았다.

> 교사 1: '언제나 새로운 것을 배울 때 수업에는 어떻게 적용할 수 있을까 고민을 하는데, 피지컬 컴퓨팅에 대해 배우면서 어떤 수업에 적용하면 좋을까 생각 끝에 참여하게 되었다.'

> 교사 2: '요새 피지컬 컴퓨팅 및 3D 모델링에 관련하여 많은 뉴스가 나오고 있다. 그래서 이것의 개념에 대해 배우고, 학교 현장에서 실제로 적용해 보고자 참여하였다.'

> 교사 3: '피지컬 컴퓨팅에 대해 접해보고 학교 수업에서 상상을 실제로 구현해 볼 수 있는 경우가 많을 것 같아서 그 시작으로써 참여하게 되었다.'

5.2 피지컬 컴퓨팅 수업의 도전적 요소

아두이노를 사용하여 피지컬 컴퓨팅 수업을 개발할 때 교사 측면에서 어려운 점은 전자적인 지식의 필요와 C 언어의 사용인 것으로 나타났다. 학생들의 입장에서는 아두이노의 기본적인 부품들이 초등학생 수준에서 이해하기 어려운 부분과 영어로 된 프로그래밍의 어려움으로 예상하였다.

> 교사 1: '기본적으로 부품들에 대한 사전 지식이 필요한데, 초등학생 수준에서 이해하기 어려운 부분이 있을 것이라는 생각이 든다. 또 학생들이 영어로 된 프로그래밍을 하는데 있어 상당한 어려움이 따를 것으로 예상된다.'

> 교사 2: 'C 언어를 쉽게 접할 수 있도록 하였지만, C 언어에 대한 경험이 없어서 기본적인 내용만으로 수업에 적용하려 하였다. 또한 회로를 왜 그 곳에 연결해야 하는지 모른 채 연결하는 경우도 있었다.'

> 교사 3: 'C 언어를 모르는 사람에게는 코드 자체를 이해하는데 시간이 많이 걸릴 것 같고, C 언어 특성 상 문법이 복잡하기 때문에 에러 없이 프로그램을 만드는 것도 어려울 것 같았다. 그리고 전자적인 지식이 없을 경우 회로를 이해하고 입출력 요소를 이해하는 것도 개별적 노력이 필요해 보였다.'

5.3 피지컬 컴퓨팅 수업의 기회

본 연구의 참여 교사들은 피지컬 컴퓨팅 수업이 제공하는 기회가 있다고 생각했으며, 그 이유를 문제해결력, 컴퓨팅 사고력, 성취감의 경험 등으로 제시하였다.

> 교사 1: '자신에게 주어진 실제적인 문제를 해결하기 위해 스스로 고민해 보고 노력함으로써 문제해결력이 길러질 수 있고 이는 아두이노 보드를 구성하고 프로그래밍하는 과정 중에도 나타난다. 곧 컴퓨팅 사고력과 연결되는 것이다.'

교사 2: '학생들이 충분히 생각한 후, 자신의 사고를 적용할 수 있다. 또한 그 결과를 즉각적으로 볼 수 있어서 큰 성취감을 느낄 수 있다.'

교사 3: '아두이노를 학습하는 데 어려운 점은 많지만, 한 번 그 벽을 넘고 나면 자신이 원하는 무언가를 직접 만들어 볼 수 있고, 그 과정에서 CT(Computational Thinking)을 자연스럽게 학습하기 때문에 유익하다고 생각한다.'

또한 피지컬 컴퓨팅 수업이 컴퓨팅 사고 향상에 도움이 된다는 점에서는 다음과 같은 이유를 제시하였다.

교사 1: '학생들이 스스로에게 주어진 의미 있는 문제들을 해결하기 위해서는 다양하게 사고하고 그 과정에서 컴퓨팅 능력을 활용하며 그 해결책으로 컴퓨팅적으로 구현하는 방법을 설계하기 때문이다.'

교사 2: '피지컬 컴퓨팅 수업 자체가 문제해결력 수업이 많기 때문에 문제를 해결함에 있어서 컴퓨팅 사고력을 많이 사용할 수 있다고 생각한다.'

교사 3: 'CT의 핵심인 문제해결능력 측면에서, 다른 교과에 비해 실제적인 문제를 다루고 해결하고, 동기부여나 해결 후 성취감, 만족감이 크기 때문에 CT를 문제해결 과정에서 적극적으로 사용하게 된다.'

5.4 3D 프린팅 수업 개발의 도전적 요소

본 연구의 참여 교사들은 3D 프린팅 활용 수업의 도전적인 요소를 3D 모델링 소프트웨어 사용, 공간 감각의 필요, 3D 프린터 사용의 어려움, 시간 소요 등으로 제시하였다.

교사 1: '학생들이 3D 프린팅을 하기 위해서는 3D 모델링을 해야 하는데, 학생들의 수준에서 원하는 크기, 모양을 3차원 입체로 형태를 구안하는데 어려움이 있을 것이다.'

교사 2: '우선 학교 현장에서 3D 프린터를 사용하기가 어렵고, 설령 사용하더라도 결과물을 만들어 내는데 많은 시간이 걸린다. 그렇기 때문에 수업을 개발할 때 많은 제약이 따른다.'

교사 3: '3D 모델링 자체가 도구에 익숙해지는 시간이 필요하고, 공간 감각이 많이 필요한 영역이며, 모델링 도구와 3D 프린터가 다양하게 존재해서 호환성을 미리 확인하기 힘들다는 점이 도전적이라고 할 수 있다.'

5.5 3D 프린팅 수업의 기회

본 연구의 참여 교사들은 3D 프린팅 수업이 제공하는 기회를 구체적 조작기 학생에게 흥미 유발 가능성, 공간지각력 향상, 학습과 실생활의 관련성 인식, 성취감, 상상의 구체화 등으로 제시하였다.

교사 1: '구체적 조작기에 있는 학생들이 자신이 모델링 한 것을 직접 눈으로 보고 손으로 만질 수 있으므로 흥미를 갖고 수업에 참여할 수 있고, 입체 형태를 모델링 하면서 공간지각력이 길러질 수 있다. 또한 학습과 실생활의 밀접한 관련성을 느낄 수 있을 것이다.'

교사 2: '기존에는 구현하기 불가능하였던 생각들을 3D 프린팅을 통해 구현할 수 있다. 또한 자신의 생각을 구체적인 결과물로 만들어서 큰 성취감을 느낄 수 있다.'

교사 3: '모델링 프로그램을 이용해서 상상하던 형태를 실제로 만들어 볼 수 있는 점이다.'

5.6 향후 유사 프로그램 개발에서 고려점

본 연구의 참여 교사들은 피지컬 컴퓨팅 수업을 구안하는 데 있어 아래와 같은 몇 가지 조언을 하였다.

교사 1: '학생들의 수준을 충분히 고려해야 할 것이고, 단순히 아두이노와 3D 프린팅을 하기 위한 (도구를 위한) 수업이 되어서는 안 될 것이다. 즉 목표 인지를 정확하게 해야 할 것이다.'

교사 2: '우선 피지컬 컴퓨팅 및 3D 프린팅 수업을 하려면 교사 자신이 충분한 지식을 가지고 있어야 한다. 또한 수업에서 가장 중요한 것이 수업 목표 달성이라는 것을 유념해야 한다.'

교사 3: '교사부터 관련 내용을 이해하기 어렵고, 이것을 학생들에게 가르치려면 최대한 쉽게 구성해서 가르쳐야 한다. 과학이나 수학과도 접목이 가능한 영역이기 때문에 앞으로 다양한 시도가 나오면 좋을 것 같다.'

6. 결론 및 제언

실리콘밸리의 성공 뒤의 강력한 요인 중 하나는 '디자인 사고(design thinking)'라는 혁신에 대한 새로운 접근법이라고 한다[9]. 디자인 사고는 아이디어를 가능한 한 빨리 구현하는 것, 즉 생각을 유형화하는 것이 핵심이다. 이런 맥락에서 3D 모델링과 프린팅을 통해 아이디어를 구현해 보는 것은 학생들의 창의성 발현에 긍정적 영향을 미칠 수 있다[4][5]. 또한 피지컬 컴퓨팅은 컴퓨팅 사고를 배양하려고 하는 현재 국가적 소프트웨어 교육 방향과도 부합하며 상상한 것을 구체적인 산출물로 만들어 보는 경험을 하게 하는 큰 교육적 잠재력을 가지고 있다. 아두이노와 같은 오픈 소스 하드웨어와 점점 저렴해지고 사용하기 쉬워지는 3D 프린터들의 등장으로 그러한 잠재력을 교육 현장에 접목해 볼 수 있는 가능성은 그 어느 때 보다 커졌다.

그러나 피지컬 컴퓨팅을 교육 현장에 접목하기 위해서는 교사들의 관심과 역량이 선결되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 피지컬 컴퓨팅에 대한 사전 경험이 없거나 제한적인 경험을 가진 교사들을 대상으로 피지컬 컴퓨팅에 대한 기본적인 소양 교육을 진행한 뒤 생활 용품을 고안하고 이를 직접 프로토타입핑해 보는 과정 속에서 교사들이 지각한 교육적 기회와 도전 요소를 도출해 보고자 하였다. 본 연구의 참여교사들은 피지컬 컴퓨팅과 3D 프린팅 활용 교육이 제공하는 기회를 컴퓨팅 사고를 결합한 문제해결력과 아이디어의 구현 가능성으로 인식하였다. 특히 c언어 지식의 부재가 교사들에게 도전 요소로 도출되었는데 이에 대해 코드 블록 형태로 아두이노를 제어하는 소프트웨어(Ardublock[1])가 개발되어 있으므로 향후 이에 대한 검토를 실시하여 적용 가능성을 확인해 보려고 한다. 본 연구는 소수를 연구 대상으로 한 파일럿 연구여서 질적 연구에서 추구하는 현상의 전형성(typicality)을 파악하는데 제한점이 있다. 그러나 본 연구에서 수업 개발의 도전적 요소들로 제시된 것들을 완화시키면서 초등교육 현장에서 미래의 창의 인재를 육성하기 위한 교사들의 도전적인 시도들이 교육 혁신으로 이어지도록 체계적인 교육적 지원과 환경적 지원이 필요할 것이다.

참고문헌

[1] Ardublock. Available: http://blog.ardublock.com/

[2] Arduino. Available: www.arduino.cc

[3] Cho, J. H., Choi, C. W., Hang, S. B., Jang, M. H., Kim, H. J., Kim, D. J., & Yu, H. C. (2014). An Analysis for Effects of the STEAM Education Based on Physical Computing in Greenhouse Effect Experiments. *The Korean Association of Computer Education Research Journal, 18*(1), 111-115.

[4] Choi, H. (2014). Educational implications of 3D printing utilization. *The Korean Association of Information Education Research Journal, 5*(2), 77-82.

[5] Choi, H., & Yu, M. (2015). A study of educational utilization of 3D printing: Creative design model-based class. *Journal of The Korean Association of Information Education, 19*(2), 167-174.

[6] Genius Kit. Available: http://www.kocoafab.cc/product/genius

[7] Oh, J. H., Kim, M. S., Choi, I. J., Jang, M. H., Kim, H. J., Yu, T. W., Kim, D. J., & Yu, H. C. (2014). The effect of physical computing with arduino based laboratory. *The Korean Association of Computer Education Research Journal, 18*(1), 101-104.

[8] O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). Physical computing: Sensing and controlling the physical world with computers. Boston, MA: Thomson course

technology.
[9] Sawyer, K. (2013). Zig Zag: The surprising path to greater creativity. San francisco, CA: John Wiley & Sons.
[10] Sim, K. H., Lee, S. W., Seo, T. W. (2014). Development and evaluation of a STEAM curriculum utilizing Arduino. *Journal of the Korea Association of Computer Education, 17*(4), 23-32.
[11] Sim, K. H., & Seo, T. W. (2013). A Curriculum for improving computational thinking ability utilizing Android and Arduino. *The Korean Association of Computer Education Research Journal, 17*(1), 167-172.
[12] Sohn, K. H. (2013). The Development and application to computer programming education using Arduino, Kyeongin National University of Education, Master's Thesis.
[13] Yu, J. H., Kim, Y. H., Yang, C. E., Jang, M. H., Kim, H. J., Myung, N, Y., Kim, D. J., & Yu, H. C. (2015). Software development education utilizing physical computing based on Arduino. *The Korean Association of Computer Education Research Journal, 19*(1), 61-64.
[14] 123D Design. Available: http://www.123dapp.com/design
[15] 123D app Available: http://www.123dapp.com/

저자소개

최 형 신

1988 이화여자대학교(전자계산학 학사)
1993 (미)New Jersey Institute of Technology (컴퓨터정보과학 석사)
2007 이화여자대학교(교육공학 박사)
2009~현재, 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: 컴퓨팅 사고, 뉴미디어 기반 학습
e-mail: hschoi@cnue.ac.kr

이 상 민

2007 경희대학교(컴퓨터공학 학사)
2013~현재 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 대학원 재학
관심분야: Computational Thinking, AR Hologram, Deep Learning
e-mail: smlee@edulab.cnue.ac.kr

이 정 화

2009 춘천교육대학교(초등 컴퓨터교육 학사)
2014~현재 춘천교육대학교대학원 초등 컴퓨터교육 석사과정 재학
2016~현재 와우초등학교 교사
관심분야: Computational Thinking, SW교육, 피지컬 컴퓨팅
e-mail: lehrerin08@korea.kr

우 창 문

2005 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 학사
2012~현재 춘천교육대학교 컴퓨터교육과 석사
현재, 서석(청량)초등학교 교사
관심분야: 스크래치 프로그래밍, 아두이노 기반학습
e-mail: wmuni7909@gmail.com