

Development of teaching and learning materials using Arduino and piezo buzzer

Eun-Sang Lee*

*Professor, Dept. of Technology and Home Economics Education, Kongju National University, Chungcheongnam-do, Korea

[Abstract]

In this paper, I propose a presentation examples of the development of teaching materials using Arduino. For this purpose, a six-step low-cost microcontroller teaching-learning development model was used, the steps being topic selection, exploration of implementation methods, experimentation, production of teaching and learning materials, implementing lesson plans, and improvement. After analyzing the composition of the source code and circuits introduced in the existing Arduino book, this content was reconstructed to fit the programming education context. A simple method of constructing a circuit using materials such as Arduino and a piezo buzzer is proposed to save time on circuit composition. Using this circuit, examples of use in teaching-learning activities for various programming content elements are presented. The core concept of this study is that it provides a direct experience of the content of C language programming exercises that can only be found on existing screens.

▶ **Key words:** Arduino, C programming language, teaching and learning materials, piezo buzzer, programming education

[요 약]

본 연구에서 저자는 C언어 프로그래밍 교육에서 아두이노를 활용한 교수-학습 자료의 개발 사례를 제시하고자 하였다. 이를 위해 주제 선정-구현 방법 탐색-실험-교수학습자료 제작-수업 적용-개선 등 6단계의 저비용 마이크로컨트롤러 교수-학습 개발 모형을 이용하였다. 본 연구에서는 기존 아두이노 교재에 소개되어 있는 소스 코드와 회로의 구성을 분석한 후, 이를 프로그래밍 교육 주제에 맞게 재구성하였다. 또한, 아두이노와 피에조 버저 등의 재료를 이용하여 간단히 회로를 구성하는 방법을 제시하여 회로 구성에 많은 시간이 소요되지 않게 하였다. 이 회로를 이용하여 여러 가지 프로그래밍 내용 요소의 교수-학습 활동에 활용한 사례를 제시하였다. 본 연구는 기존 화면상에서만 확인할 수 있는 C언어 프로그래밍 실습 내용을 직접 실물로 체험할 수 있는 사례를 제시하였다는 점에서 그 의의가 있다.

▶ **주제어:** 아두이노, C언어, 교수-학습 자료, 피에조 버저, 프로그래밍 교육

-
- First Author: Eun-Sang Lee, Corresponding Author: Eun-Sang Lee
 - Eun-Sang Lee (eslee@kongju.ac.kr), Dept. of Technology and Home Economics Education, Kongju National University
 - Received: 2020. 11. 20, Revised: 2020. 12. 08, Accepted: 2020. 12. 08.

I. Introduction

아두이노는 2005년 이탈리아의 마시모벤치에 의해 개발된 오픈 소스 형태의 마이크로컨트롤러이다. 이는 우리가 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 컴퓨터의 메인 보드를 작은 형태로 단순화한 기판이라 할 수 있다[1]. 컴퓨터에서는 키보드와 마우스, 마이크 등을 이용하여 각종 필요한 정보를 입력하고 모니터나 프린터 등을 이용하여 처리한 정보를 확인할 수 있듯이, 아두이노에서도 이와 유사한 기능을 할 수 있다. 즉, 버튼이나 각종 센서로부터 외부의 정보를 수집한 후, 그 정보를 아두이노 보드에서 처리한 후 LED나 모터 등의 외부 장치에서 사용자가 필요로 하는 반응을 보이는 기능을 수행할 수 있다. 이에 상호 작용이 필요한 전자 기기의 구현이나 간단한 로봇, 각종 시제품의 개발 등에 아두이노가 활용되고 있다. 특히, 아두이노는 스케치 프로그램과 같은 통합 개발 환경(Integrated Development Environment)을 제공하여 프로그래밍의 작성 및 컴파일, 업로드 등을 쉽게 처리할 수 있다. 또한, 윈도우를 비롯한 맥, 리눅스 등 다양한 운영체제에서 사용할 수 있으며, 여러 종류의 유사 보드가 출시되어 저렴한 가격에 보드를 구할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점으로 전 세계 많은 사람들이 아두이노를 활용하여 다양한 창작 활동을 하고 있으며, 창작의 과정이나 방법, 소스 코드가 공유되는 등 활발한 네트워크가 형성되어 있다.

이와 같이 아두이노가 대중화됨에 따라 아두이노를 교육 분야에 적용한 사례가 다양하게 보고되고 있다. 예를 들어, 아두이노는 기존의 교육 현장에서 사용되던 고가의 실험 장비를 대체하는 데 활용되었다[2, 3]. 이는 아두이노 보드가 기존의 각종 전자 장치나 센서 등과 호환이 가능하였고, 아두이노 보드 자체의 가격이 저렴하였기 때문이다. 또한, 아두이노는 기존 학생들이 직접 측정하거나 제어했던 활동을 대체하는 데 활용되었다. 즉, 종래의 방법은 어떤 실험을 할 때 사람이 직접 해당 상태를 확인한 후 제어나 조정 작업을 수행하였다면, 아두이노를 이용한 방법은 센서를 이용하여 더욱 정밀하게 측정된 후 이를 제어하거나 조정할 수 있었다[4]. 특히, 예전의 측정기기는 제작자가 제공한 프로그램을 이용하여야 하며, 이를 임의로 수정할 수 없는 단점이 있었다. 하지만 아두이노를 이용하면 이러한 특정 프로그램을 이용하지 않고도 다양한 방식으로 측정 결과를 얻을 수 있는 장점이 있었다[3].

이와 같이 학교 현장의 실험이나 실습 장치에서 아두이노를 활용한 사례 외에도 수업에서 실습 재료로 활용된 사례가 여러 연구에서 보고되었다. 예를 들어, Lu와 Ma[5]

의 연구에서는 초등학생을 대상으로 동물을 흉내 내는 작품을 제작하는 STEAM 교육 활동을 수행하였는데, 그들은 학생들이 아두이노를 이용하여 동물의 특징을 구현하는 활동을 수행하도록 하였다. Perez와 Lopez[6]의 연구에서는 골판지와 오픈 소프트웨어, 하드웨어를 활용하여 학생들이 자율적으로 디자인한 라인 트레이서를 제작하는 연구를 수행하였다. Nemeč와 Vobornik[7]의 연구에서는 3D 프린터를 이용하여 로봇 키트를 제작한 후, 이를 아두이노를 이용하여 서보 모터를 구동하는데 활용하였다. Litts, Kafai, Lui, Walker, Widman[8]은 릴리패드 아두이노와 전자 섬유를 이용하여 회로에 대한 학습을 하였는데, 그 결과 학생들은 회로에 대한 이해도 증가하였으며 회로 제어 능력이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 이와 같이 아두이노는 학생들의 창의적인 제품을 만드는데 활용되거나 특정 개념을 보다 효율적으로 가르치기 위한 실습 재료로 활용되기도 하였다.

본 연구에서 연구자는 아두이노의 이러한 교육적 활용의 사례를 바탕으로 C언어 프로그래밍 교육에서 아두이노를 활용한 사례를 개발하고자 하였다. 이는 아두이노를 구동하는 스케치 프로그램이 기본적으로 C언어를 기반으로 하기 때문이며, 아두이노를 활용하여 프로그래밍 교육을 한 사례[6]가 보고되고 있었기 때문이다. 그러나 그 사례가 많지 않고 적용의 예시가 구체적으로 제시되지 않아 이에 대한 내용을 확인하기 어려운 단점이 있었다. 이에 연구자는 프로그래밍 교육에 아두이노를 활용한 구체적인 사례를 제시하는 연구를 수행하고자 하였다.

II. Methodology

본 연구에서 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육 자료의 개발을 위해 Lee [9]의 저비용 마이크로컨트롤러 기반 교수-학습 모형을 사용하였다. 이 모형은 아두이노와 같은 저비용 마이크로컨트롤러를 이용한 교수-학습 자료를 개발할 때 그 절차를 안내한 모형이다(Fig. 1).

이 모형에 따르면, 1단계 주제 선정, 2단계 실행 방법 탐색, 3단계 실험, 4단계 교수 학습 자료 제작, 5단계 수업 적용, 6단계 개선 등 총 6개의 단계로 구성되어 있다. 3~6 단계는 이전 단계로 되돌아갈 수 있는 구조로 되어 있는데, 이는 수업에서 적용한 이후 수정 보완 사항을 파악하여 2단계부터 다시 적용될 수 있음을 의미한다. 이와 같이 이전 단계로 회귀하여 수정 보완 과정을 거치는 이유는, 아두이노와 같은 저비용 마이크로컨트롤러의 경우 보드의

버전이 달라지거나 IDE 프로그램이 업데이트되는 경우가 많아 한 번 제작한 프로그램을 계속 사용할 수 없기 때문이라고 제시하였다[9]. 또한, 그의 모델에 따르면 교육 대상에 따라 프로그램의 내용이나 수준이 바뀔 수 있다는 것을 제시하였다.

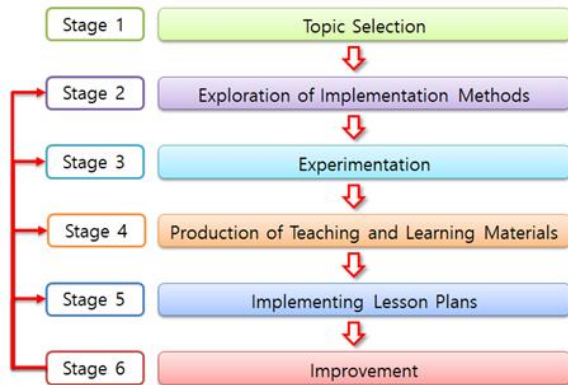


Fig. 1. Low-cost microcontroller-based teaching and learning model

이에 연구자는 이 모형에 의해 프로그램을 개발하고, 수정 보완하는 작업을 진행하였다(Table 1 참조). 1차 적용은 2019년 11월 연구자가 담당한 교과목의 2학년 학부생을 대상으로 대면 방식으로 실시하였고, 2차 적용은 2020년 8월 1급 정교사 연수를 받는 교사에게, 3차 적용은 2020년 8월 OO 대학의 발명 교사 연수를 받는 교사에게 ZOOM을 이용한 실시간 원격 수업 방식으로 적용하였다. 4차 적용은 2020년 11월 연구자가 담당한 교과목의 2학년 학부생을 대상으로 ZOOM을 이용한 실시간 원격 수업 방식으로 적용하였다. 5차 적용은 2020년 11월 자유학기제 중학교 1학년 학생을 대상 실시하였다. 5차 적용은 4차 적용에서 연구자의 수업을 수강한 학부생들이 교사가 되어 자신이 배운 내용을 바탕으로 ZOOM을 이용하여 실시간 원격 수업을 실시하였다. 이때 수업 자료는 연구자가 개발한 교수-학습 자료를 이용하였다.

Table 1. Program application process

No.	Period	Object	Method
1st	November 2019	Prospective teacher	Off-line
2nd	August 2020	Teacher	Real-time online
3rd	August 2020	Teacher	Real-time online
4th	November 2020	Prospective teacher	Real-time online
5th	November 2020	Middle school student	Real-time online

1. Topic selection

주제 선정 단계에는 수업에서 저비용 마이크로컨트롤러를 적용할 수 있는 주제를 선정하는 단계이다. 연구자는 C언어 프로그래밍을 실생활에서 체험할 수 있는 주제를 선정하고자 하였다. 연구 초기에 이와 같은 연구 주제를 선정 이유는, 연구자의 C언어 관련 수업을 수강하는 학생들이 C언어의 문법이나 개념을 배운 후에도 이를 제대로 적용하지 못하고 있음을 확인하였고, 특히 이를 응용한 프로그램을 작성하지 못하는 문제점을 발견하였기 때문이었다. 이에 수업에서 다른 내용을 적용할 수 있는 분야를 탐색해 보았으며, 그 결과 C언어를 기반으로 작동되는 아두이노가 가장 적당한 교육 소재임을 확인하였다. 이에 국내에 출판된 아두이노 교재를 바탕으로 C언어에서 학습한 여러 개념을 종합적으로 실습할 수 있는 활동을 검색해 본 후, '아두이노와 피에조 부조를 이용하여 음악을 연주하는 활동'을 주제로 선정하였다. 이 주제는 회로의 구성이 매우 간단하였으며, 변수, 함수, 반복문, 배열, 전처리기 등 C언어의 학습 내용을 대부분 포함하고 있었기 때문이다. 특히, 이 주제는 C언어의 문법에 대한 깊이 있는 설명을 제외하여도 직관적으로 자신이 입력한 옥타브 주파수(게이름에 해당함)를 입력하면, 이에 따른 음이 재생되기 때문에 프로그램 자체의 배경 지식이 없는 교사나 학생들에게도 적용이 가능한 주제였다.

2. Exploration of implementation methods

구현 방법 탐색 단계는 저비용 마이크로컨트롤러를 이용하여 수업하고자 하는 내용의 구현 방법을 탐색하는 단계이다. 이를 위해 시중에 출판된 아두이노 교재들을 바탕으로 아두이노와 피에조 부조를 이용하여 음악을 재생시키는 주제와 관련된 예제가 제시된 프로그래밍 소스를 분석하였다. 그 결과 대부분의 교재에서 완성된 최종 프로그래밍 소스를 제공하고 있었는데, 이들 소스는 긴 변수명을 사용하고 있었으며 해당 프로그래밍의 전체적인 개념에 대한 설명이 제시되어 있지 않았다. 따라서 이를 처음 접하는 학생들이 해당 내용을 이해하는데 어려운 단점이 있었다. 예를 들어, 그림 2는 대부분의 아두이노 교재에 예시된 소스이다. 이 소스 코드에서는 'PIEZO_OUT, MELODY_LEN, pauseBetweenNotes, duration, melody' 등과 같이 길이가 긴 매크로 상수, 변수, 배열 이름을 사용하고 있다. 또한 6라인에서 NOTE_C4, NOTE_D4, NOTE_E4 등이 어떠한 원리로 해당 게임의 소리를 내는 것인지에 대한 설명이나 12~15라인의 for 문의 사용 이유, 17~18라인에서 pauseBetweenNotes 변수가 사용된 의미에 대해서 자세한 설명이 제시되어 있지 않았다. 이에 연구자는 본 소스 코드의 의미를 명확히 파악하기 위해 여러 전공 서적 및 인터넷 자료를 검색하는 활동을 수행하였다.

```

1 #include "pitches.h"
2 #define PIEZO_OUT 3
3 #define MELODY_LEN 8
4
5 int melody[MELODY_LEN] = {
6   NOTE_C4, NOTE_D4, NOTE_E4, NOTE_F4,
7   NOTE_G4};
8
9 int duration[MELODY_LEN] = {
10  1, 1, 1, 1, 1};
11
12 void setup() {
13   for (int i=0; i<MELODY_LEN; i++) {
14     int d = duration[i]*250;
15     int m = melody[i];
16     tone (PIEZO_OUT, m, d);
17   }
18   int pauseBetweenNotes = d * 1.30;
19   delay(pauseBetweenNotes);
20 }
21 noTone(PIEZO_OUT)

```

Fig. 2. Piezo buzzer music program source code presented in Arduino book

3. Experimentation

실험 단계는 이전 단계에서 찾은 구현 방법을 실제로 실험해 보는 단계이다. 연구자는 아두이노 교재나 인터넷에 제시된 방법과 소스 코드를 입력하여 프로그램을 실행해 보았다. 실험 결과 회로의 구성을 좀 더 간단히 구성할 수 있었다. 예를 들어, 일반적인 아두이노 교재에서는 Fig. 3 과 같이 아두이노, 저항, 연결선, 브레드보드 등 여러 개의 부품을 이용하여 회로를 구성하고 있었다. 그러나 Fig. 4 와 같이 의 두 다리를 약간 벌리면 아두이노로 직접 연결한 회로를 구성할 수 있었으며, 그 기능은 Fig. 3의 회로와 동일했다. 프로그램의 소스 코드도 여러 차례 분석 과정을 거쳐 이전 시간 학습했던 내용 요소를 중심으로 재구성하여 오류가 없는지에 대한 테스트를 하였다.

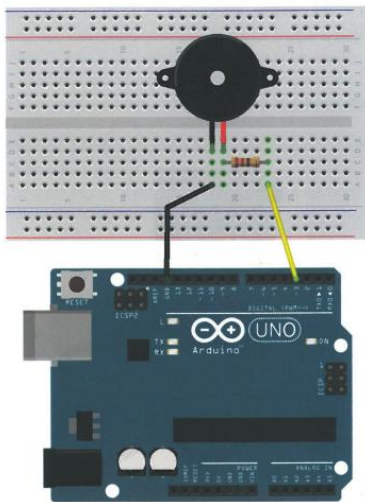


Fig. 3. Piezo buzzer circuit from Arduino book



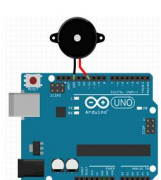
Fig. 4. Researcher's Arduino test module

4. Production of teaching and learning materials

교수-학습 자료 제작 단계에서는 실험 단계에서 검증한 내용을 바탕으로 수업에 적용할 자료를 제작하는 단계이다. 제작한 자료에는 프로그래밍 관련 학습 내용을 정리한 학생용 학습지, 교수용 PPT 등의 기본적인 자료 외에 회로의 구성과 프로그래밍 작성 과정을 소개한 동영상 강의도 제작하였다. 연구자가 1차에서 적용한 교수-학습 자료의 예시는 Fig. 5, Fig. 6이고, 2차, 3차에서 적용한 교수-학습 자료의 예시는 Fig. 7이며, 4차 적용에서 수강 학생이 작성한 강의 노트(구글 DOCS)의 예시는 Fig. 8과 같다.

[과제 2] 아두이노로 피에조 부저 소리 내기

다음 회로를 구성해 보시오.



피에조 부저란 전기적 신호를 이용하여 소리를 내는 전자 부품입니다. 피에조 부저가 소리를 내는 이유는 피에조 효과 때문입니다. 이 효과는 특정 물질에 전기적 신호를 주었을 때 수축하거나 팽창하는 효과를 말합니다. 피에조 부저를 뜯어 보면 얇은 판을 볼 수 있는데, 이 판이 피에조 효과에 따라 수축하거나 팽창을 합니다. 이때 수축과 팽창을 통해 공기를 진동시켜 소리를 내게 됩니다.

다음 프로그램을 작성해 보시오.

```

1 void setup() {
2   tone(11, 262, 1000); // 도 음을 1초간 지속함
3   delay(1000); // 1초간 지속함
4   noTone(11); // 진동수 11번의 소리를 끄
5 }
6
7 void loop() {
8 }

```

■ tone(진동수, 음주파수, 재생시간):

- tone() 함수는 피에조 부저로 소리를 내는 함수입니다.
- 첫 번째 매개변수인 진동수는 피에조 부저가 연결된 핀번호입니다.
- 두 번째 매개변수인 음주파수는 게이저에 해당한다. 길고 가요의 음주파수를 이용하면 해당 게이저의 음을 낼 수 있습니다.
- 세 번째 매개변수인 재생시간은 음을 내는 시간을 나타내며, 단위는 밀리초(1/1000 초)입니다.

Fig. 5. Development hand-out(1st)

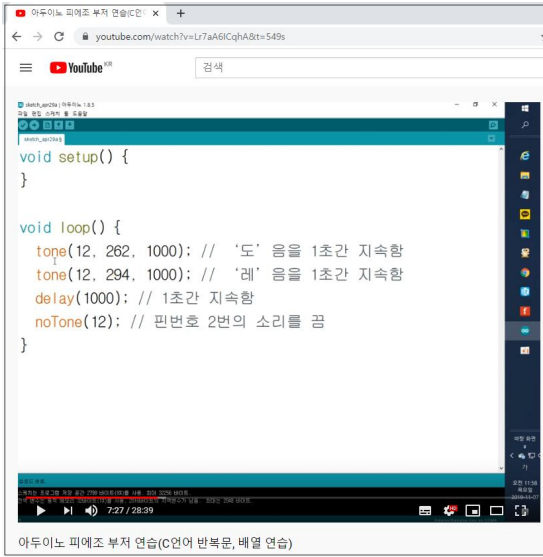


Fig. 6. Teaching and learning material on YouTube(1st)



Fig. 7. Teaching material(2nd, 3rd)

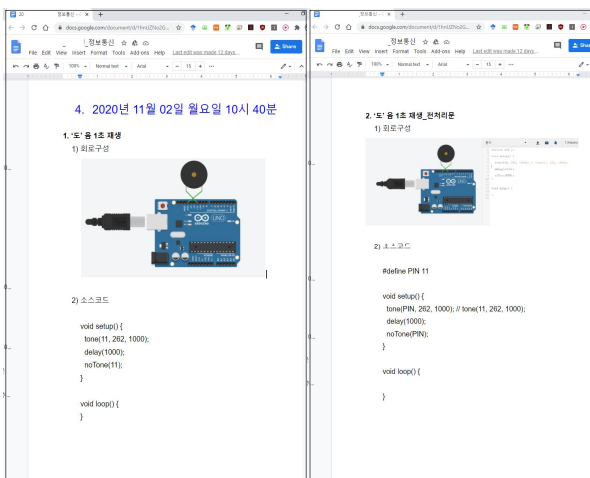


Fig. 8. Student lecture note(4st)

5. Implementing lesson plans

수업 적용 단계는 개발된 교수-학습 자료를 실제 수업에 적용하는 단계이다. 1차 적용은 2019년 11월 연구자의 프로그래밍 관련 교과 수업 시간을 통해 실시하였으며, 학생들은 수업 실시 전주까지 변수와 상수, 연산자, 자료형, 반복문, 조건문, 함수, 배열 등의 C언어 프로그래밍 내용을 배운 상태였다. 연구자는 수업 전 이전 단계에서 제작한 동영상을 유튜브에 탑재하여 학생들이 해당 내용을 시청하고 오도록 공지하여 사전에 학습할 내용을 확인하도록 하였다. 수업은 3시간에 걸쳐 진행되었으며 아두이노와 피에조 버저를 이용하여 회로를 구성한 후 함수, 전처리문, 배열과 반복문 등의 학습 내용을 바탕으로 음악이 재생되는 프로그램을 작성하는 활동을 진행하였다.

2차, 3차 적용은 2020년 8월 1급 정교사 연수 과정에 있는 교사들과 OO 교대의 발명 교사 교육 과정의 연수 과정에 있는 교사들에게 총 3시간에 걸쳐 실시하였다. 이 과정에서는 코로나 19로 인해 ZOOM을 이용한 실시간 온라인 과정으로 진행하였으며, 수업에서는 킷커드를 이용한 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 실습을 진행하였다. 이들 과정에서는 C언어의 문법적인 내용보다는 간단한 회로 구성을 통해 음악을 재생할 수 있는 흥미 있는 수업 소재가 되는 사례로 제시하였고, 직접 자신들이 원하는 음악을 C언어로 작성해 보는 실습을 진행하였다.

4차 적용은 2020년 11월 연구자의 프로그래밍 관련 교과 수업 시간을 통해 실시하였다. 이 수업 역시 코로나19로 인해 ZOOM을 이용한 실시간 온라인 수업으로 진행되었으며, 킷커드를 이용한 시뮬레이션 프로그램을 이용하였다. 학생들은 수업 실시 전주까지 아두이노를 이용하여 변수와 상수, 연산자, 자료형, 조건문 등의 C언어 프로그래밍을 배운 상태였다. 해당 수업은 총 4시간 정도로 진행되었으며, 학생들에게는 반복문과 배열을 학습하기 전에 이들 내용이 어느 곳에서 적용되는지에 대한 사례 소개 및 C언어 문법에 대한 설명을 구체적으로 진행하였다.

5차 적용은 2020년 11월 자유학기제 프로그램에 참여한 중학교 1학년 학생들에게 실시하였다. 5차 적용은 4차 적용에서 제작한 교수-학습 자료를 이용하였으며, 4차 적용에서 본 교수자의 수업을 수강한 학부생들에 의해 강의를 진행하였다. 해당 수업은 총 2시간 진행되었으며, 개발한 프로그램의 최종 검토 및 적용 가능성 등에 대한 의견을 청취하기 위해 실시하였다.

6. Improvement

개선 단계는 수업에서 적용해 본 내용을 바탕으로 문제점을 발견해 보고 이에 대한 개선안을 제시해 보는 단계이

다. 1차 적용 과정 중에 발생한 문제점으로는 일부 학생들이 수동 피에조 버저 대신 능동 피에조 버저를 사용하여 제대로 된 소리를 내지 못하는 경우였다. 이는 수동 버저와 능동 버저를 구분하는 스티커를 학생들이 임의로 제거하였기 때문에 이 두 버저를 구분하지 못했기 때문이다. 이에 이후의 적용 과정에서는 이들 두 종류의 피에조 버저에 대한 설명을 보다 구체적으로 제시하는 방향으로 교수-학습 자료를 개선하였다. 2차~4차 적용 중에는 수업 진행에 큰 문제가 발생하지 않았지만, 코로나 19로 인해 온라인 수업용 교수-학습 자료의 개발이 필요함을 느끼게 되었으며, 이를 반영한 교수-학습 자료를 개발하는 과정을 거쳤다.

III. Result

1. Developed online teaching materials

연구자는 원활한 수업의 진행을 위해 이번 주제의 학습 과정을 총 7단계로 구분하여 제시하였다. 이들 내용의 교수-학습 자료는 누구나 쉽게 접근하여 확인할 수 있도록 교수자의 홈페이지(<http://tech79.net>)에 탑재하였다(Fig. 9).

개발된 온라인 교수-학습 자료의 특징으로는 회로의 연결 상태를 쉽게 알아볼 수 있도록 각 부품의 연결 상태를 근접 촬영한 사진을 탑재하였다(Fig. 10). 또한, 프로그램에 작성할 소스 코드에 대한 설명이 용이하도록 소스 코드의 라인을 큰 사이즈로 제시하였으며(Fig. 11(A)), 바로 아랫부분에는 소스 코드를 입력하기 어려운 학습자를 위해 소스 코드를 곧바로 '복사' 할 수 있는 부분도 마련하였다(Fig. 11(B)). 이와 같은 교수-학습 자료의 구성은 기존 책자형 자료를 제시하였을 때(1차 적용) 보다 효율적으로 수업을 진행할 수 있었다. 즉, 기존 자료는 학습자가 직접 코드 내용을 입력하여 오류가 발생하는 경우가 많았는데, 최종 온라인 교수-학습 자료의 경우 이와 같은 문제점이 발생하지 않았다. 마지막으로 틴커캐드를 이용한 시뮬레이션 동영상도 추가하여, 회로 구성을 잘못하여 작동되지 않을 때 재생 시켜 회로를 확인하거나 잘못된 부분을 찾아낼 수 있게 하였다(Fig. 12).

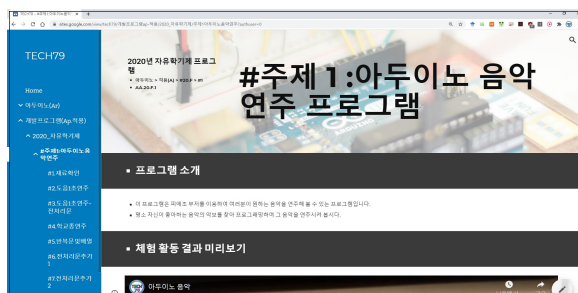


Fig. 9. Instructor's homepage

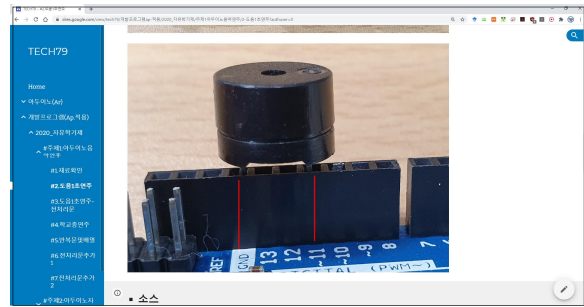


Fig. 10. Connection of parts

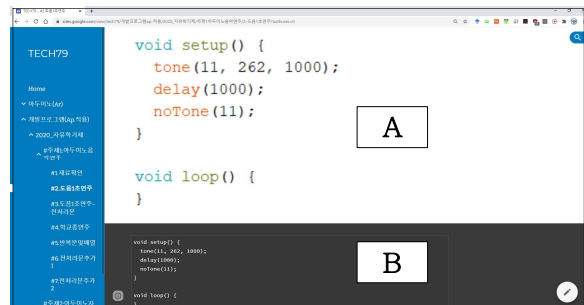


Fig. 11. Source code presentation method

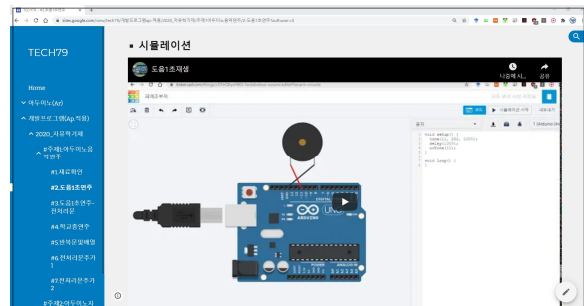


Fig. 12. TinkercAD simulation video

2. Developed video lecture content

연구자는 온라인 교수-학습 자료를 이용하여 실제 시범 수업을 진행한 동영상 강의 콘텐츠를 제작하였다. 해당 동영상은 Leel[9]가 제시한 바와 같이 온-오프라인 수업에서의 사전 교육 자료나 수업 중 작동 내용에 대한 시범 영상 제시 등에 사용될 목적으로 제작하였다. 동영상 강의 콘텐츠는 총 7개로 구성하였으며, 이를 유튜브에 탑재하였다(Fig. 13). 강의 콘텐츠의 내용으로 '#1. 재료 확인'에서는 실습 결과물에 대한 소개와 실습 활동에서 사용하는 아두이노, 피에조 버저, 케이블 등에 대해 설명하였다. '#2. '도'음 1초 재생'에서는 회로를 구성한 후 '도'음을 1초간 재생하는 기본 소스 코드에 대해 설명하였으며, '#3. '도'음 1초 재생 전처리문'에서는 #2의 소스에서 핀번호 11을 전처리 문을 사용하여 '도'음 1초 재생하는 소스 코드에 대해 설명하였다. '#4. 학교 종 연주'에서는 학교 종 악보를 이용하여 7개 음 재생하는 프로그램을 작성하는 방법을

설명하였고, '#5. 반복문, 배열'에서는 #4에서 하드 코딩 방식으로 작성한 소스 코드를 반복문과 배열을 이용하여 간략화하는 방법을 설명하였다. '#6. 전처리문 1', '#7. 전처리문 2'에서는 전처리 문을 사용하여 프로그램을 좀 더 빠르게 작성할 수 있는 방법을 설명하였다.

동영상에서 제시한 실제 소스 코드를 예시하면 Fig. 14(A) (#4의 소스 코드)와 Fig. 14(b)(#7의 소스 코드)와 같다. 이러한 소스 코드를 이용하면, 전공자에게는 C언어에서 '배열', '반복문', '전처리문' 등의 개념을 설명하는데 활용할 수 있었으며, 비전공자에게는 간단히 자신이 좋아하는 '음'을 보다 직관적으로 작성할 수 있는 방법을 소개하는데 활용할 수 있었다.

마지막으로 동영상에서는 교수자가 강의하는 모습을 제시하여 실제 강의를 진행하는 것과 같은 효과를 주었고(Fig. 15(A)), 실제 아두이노를 이용하여 회로를 구성하거나 소스 코드를 업로드 하는 방법을 제시하여 학생의 실습 활동에 도움이 되도록 구성하였다(Fig. 15(B)).

IV. Discussion

본 연구의 결과를 바탕으로 논의하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구를 통해 프로그래밍 교육에서 아두이노의 적용 가능성을 확인하였다. 이러한 가능성은 프로그래밍 교육을 위한 도구로 아두이노를 활용한 Perez와 Lopez[6] 연구자에 의해서도 이미 제시된 바 있다. 이 연구에서는 아두이노와 피에조 버저를 이용하여 음을 재생하는 프로그램 소스를 분석하여 함수, 배열, 반복문, 전처리기, 매크로 등의 프로그래밍 내용 요소를 추출하였다. 최근 메이커 운동의 영향으로 다양한 오픈 소스의 공유 활동이 이루어지고 있음으로[10], 이들 소스를 분석하면 학생들이 실생활에서 경험할 수 있는 활동을 기반으로 프로그래밍 내용 요소를 추출할 수 있다. 이 연구를 통해 기존에 공유된 아두이노의 소스 코드를 활용한 C언어 프로그래밍 교육이 수행될 수 있음을 확인하였다.

둘째, 아두이노를 프로그래밍 교육에 적용하기 위해 회로의 구성을 최소화해야 함을 확인하였다. 선행 연구에 따르면, 아두이노와 같은 저비용 마이크로컨트롤러를 수업에 적용하기 어려운 이유로 회로 구성의 문제를 제기하고 있었다[11]. Lee[9]의 연구에서도 저비용 마이크로컨트롤러 적용 수업을 하기 위해서는 회로 구성을 확인하고 학생들이 최대한 쉽게 접근할 방법을 제안하고 있다. 이에 이 연구에서는 아두이노, 피에조 버저만으로 회로를 구성할 방법을 제안하였고, 회로 구성에 최소의 시간이 소요되도록 하였다. 향후 아두이노를 이용하여 프로그래밍 교육을 실시하고자 하는 교육자들은 이 연구에서 제안한 방법을 참고하여 회로의 구성을 최소한 교수-학습 자료를 제작할 필요가 있다.

셋째, 아두이노 적용 수업 시 영상 자료의 제작이 필요함을 확인하였다. 아두이노를 수업에서 적용하기 위해서는 아두이노와 기타 부품 간의 회로 구성이 필요한데, 이때 부품의 크기가 작기 때문에 연결 방법을 전체 학생들에게 시범 보이기 매우 어렵다. 이에 연구자는 수업 전 각 부품의 과정이나 기타 수업에 관련된 내용을 동영상으로 제작하여 인터넷 매체(유튜브)에 탑재하였다. 이러한 시범 영상은 김진숙 외[12]나 이영호와 구덕희[13]의 연구에서 교사의 시범 개념과 Vaughn[14]의 연구에서 여러 인터넷 매체를 통한 소스 코드의 공유 개념을 반영한 것으로 학습에 필요한 기초적인 지식의 학습을 위한 목적으로 제작되었다. 이러한 영상은 사전에 학생들에게 공유하여 수업 전 미리 확인해 보도록 하고, 실제 수업에서는 회로의 연결 및 기타 동작 과정을 보여주는 시범용 영상으로 활용할 수 있다. 이를

No	Thumbnail	Link
#1		https://youtu.be/8NQJ-Gura3o
#2		https://youtu.be/CVc_gx7fWU0
#3		https://youtu.be/EEExbv9SF98o
#4		https://youtu.be/09JM6xjacio
#5		https://youtu.be/-zptGF67h5s
#6		https://youtu.be/CVc_gx7fWU0
#7		https://youtu.be/TDouMSIXzzw

Fig. 13. Teaching and learning material on YouTube(5st)

통해 프로그래밍 수업이나 아두이노 자체의 교육을 위한 수업에서 더 효율적으로 수업을 진행할 수 있었다.

마지막으로 아두이노를 수업에 적용하기 위해서는 교수-학습 자료를 수시로 업데이트해야 함을 확인하였다. 이 연구의 진행 과정에서 코로나 19라는 초유의 사건이 전 세계적으로 발생 되었다. 이에 연구 초기에 대면 방식으로 구상하고 계획했던 프로그램 적용 방식이 온라인 비대면 방식으로 수정되었으며, 개발 프로그램 역시 계속 수정 보완의 과정을 거쳤다. Lee[8]의 모형에서는 아두이노와 같은 저비용 마이크로컨트롤러를 이용한 교수-학습 자료를 개발할 때에는 1회의 개발에 그칠 것이 아니라 계속적인 수정 보완이 필요하다고 보았다. 이는 저비용 마이크로컨트롤러 자체가 계속 업데이트되기 때문이며, 이를 반영한 교육 자료가 개발되어야 하기 때문이다. 따라서 아두이노를 수업에 적용하고자 하는 교육자는 열린 마음으로 자신의 교수-학습 자료를 최신 경향에 맞게 수정하고 보완할 필요가 있다.

<pre> 1 #define PIN 11 2 3 void setup() { 4 tone(PIN, 392, 1000); 5 delay(1000); 6 tone(PIN, 392, 1000); 7 delay(1000); 8 tone(PIN, 440, 1000); 9 delay(1000); 10 tone(PIN, 440, 1000); 11 delay(1000); 12 tone(PIN, 392, 1000); 13 delay(1000); 14 tone(PIN, 392, 1000); 15 delay(1000); 16 tone(PIN, 330, 2000); 17 delay(2000); 18 noTone(PIN); 19 } 20 21 void loop() { 22 } </pre>	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; margin: auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A</div>
<pre> 1 #define PIN 11 2 #define G4 392 3 #define A4 440 4 #define E4 330 5 #define t 1000 6 7 void setup() { 8 int i; 9 int a[7] = {G4, G4, A4, A4, G4, G4, E4}; 10 int b[7] = {t, t, t, t, t, t, 2*t}; 11 for (i = 0; i < 7; i++) { 12 tone(PIN, a[i], b[i]); 13 delay(b[i]); 14 } 15 noTone(PIN); 16 } 17 18 void loop() { 19 } </pre>	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; margin: auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">B</div>

Fig. 14. Teaching and learning material on YouTube(5st)

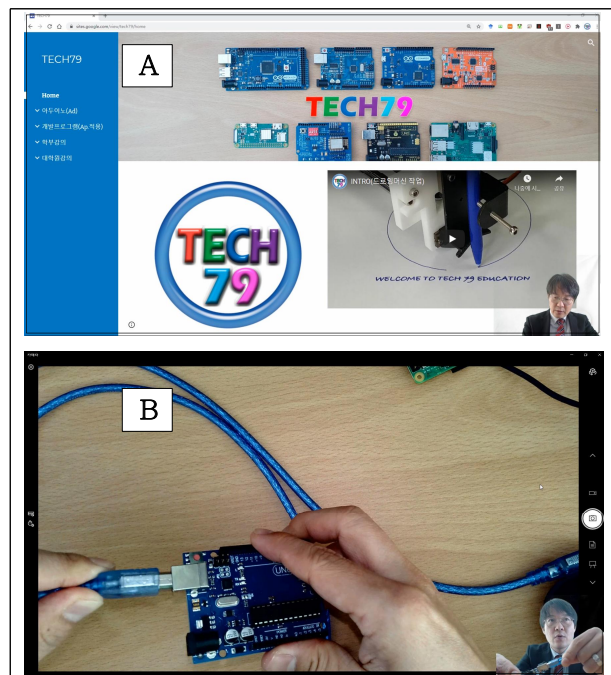


Fig. 15. Teaching and learning material on YouTube(5st)

V. Conclusions and suggestion

이 연구에서 연구자는 Lee[8]의 교수-학습 자료 개발 모형에 따라 아두이노와 피에조 버저를 이용한 온라인 교수-학습 자료 및 동영상 콘텐츠를 개발하였다. 개발된 온라인 교수-학습 자료는 7개의 주제로 홈페이지에 접속하여 누구든지 이용이 가능하게 하였으며, 동영상 강의 콘텐츠 역시 유튜브 사이트에 접속하여 확인할 수 있도록 하였다.

후속 연구자를 위해 제언을 하면 다음과 같다.

본 연구에서는 학생들의 효과에 대한 구체적인 효과를 확인하지 않았다. 이는 이 연구가 아두이노 적용 프로그래밍 교육 프로그램 개발 및 적용 자체에 목적이 있었기 때문이다. 연구자는 이 연구를 수행하면서 아두이노와 피에조 버저를 이용한 음악 연주 프로그램이 학습자의 흥미와 관심을 유도할 수 있는 좋은 소재가 되었음을 확인하였지만, 이에 대한 객관적 근거를 제시할 수 있는 실험 연구를 진행하지는 않았다. 따라서 향후 연구에서는 더욱 정선된 연구 설계를 바탕으로 이 프로그램의 교육 효과를 구체적으로 검증하는 실험 연구의 수행이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019S1A5A8034722).

REFERENCES

- [1] K. Han. "A study on subject matter education using Arduino." *The Journal of Education Studies*, Vol. 53, No. 1, pp.1-19. Feb 2016.
- [2] G. Ragazzini, A. Mescola, L. Corsi, A. Alessandrini. "Fabrication of a low-cost on-stage cell incubator with full automation." *Journal of Biological Education*, Vol. 53, No. 2, pp.165-173. Mar 2019.
- [3] S. J. Kang, H. W. Yeo, J. Yoon. "Applying chemistry knowledge to code, construct, and demonstrate an Arduino-carbon dioxide fountain." *Journal of Chemical Education*, Vol. 96, No. 2, pp.313-316. Jan 2019. DOI:10.1021/acs.jchemed.8b00663
- [4] M. D. Hahn, F. A. D. Cruz, P. S. Carvalho. "Determining the speed of sound as a function of temperature using Arduino." *Physics Teacher*, Vol. 57, No. 2, pp.114-115. Jan 2019. DOI:10.119/1.5088475
- [5] C. C. Lu, S. Y. Ma. "Design STEAM course to train STEAM literacy of primary students: Taking "animal mimicry beast" as an example." *Journal of Research in Education Sciences*, Vol. 64, No. 3, pp.85-118. Sep 2019. DOI:10.6209/jories.201909_64(3).0004
- [6] E. S. Perez, F. J. Lopez. "An ultra-low cost line follower robot as educational tool for teaching programming and circuit's foundations." *Computer Applications in Engineering Education*, Vol. 27, No. 2, pp.288-302. Oct 2019. DOI:10.1002/cae.22074
- [7] R. Nemeč, P. Voborník. "Using robotic kits and 3D printers at primary (lower secondary) schools in the Czech Republic." *International Journal of Education and Information Technologies*, Vol. 11, pp.68-73. Set 2017.
- [8] B. K. Litts, Y. B. Kafai, D. A. Lui, J. T. Walker, S. A. Widman. "Stitching codeable circuits: High school students' learning about circuitry and coding with electronic textiles." *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 26, No. 5, pp.494-507. May 2017. DOI:10.1007/s10956-017-9694-0
- [9] E. Lee. "Developing a low-cost microcontroller-based model for teaching and learning." *European Journal of Educational Research*, Vol. 9, No. 3, pp.921-934. Feb 2020. DOI:doi.org/10.12973/eu-er.9.2.921
- [10] E. R. Halverson, K. J. H. e. r. Sheridan. "The maker movement in education." Vol. 84, No. 4, pp.495-504. Dec 2014.
- [11] K. Eom, Y. Jang, J. Kim, W. Lee. "Development of a board for physical computing education in secondary schools informatics education." *The Journal of Korean Association of Computer Education*, Vol. 19, No. 2, pp.41-50. Feb 2016.
- [12] J. Kim, S. Han, S. Kim, S. Jung, J. Young, U. Jang, et al. A research on the development of teaching and learning models for SW education (Research Report CR 2015-35). Daegu: Korea Education and Research Information Service; 2015.
- [13] Y. Lee, D. Koo. "Development of imitation learning-based teaching and learning model for maker education." *Journal of Information Education Society Collection of Academic Papers*, Vol. 9, No. 1, pp.11-15. Jan 2018.
- [14] J. Vaughn. "Hands-on computing with Arduino." *Journal of Computing Sciences in Colleges*, Vol. 27, No. 6, pp.105-121. Jun 2012.

Authors



Eun-Sang Lee received the B.S. degrees in Technology Education from Korea National University of Education, Korea, M.S. and Ph.D. degrees in Technology Education from Chungnam National University, Korea, in

2003, 2013 and 2015, respectively. Dr. Lee joined the faculty of the Department of Technology and Home Economics Education at Kongju National University, Chungcheongnam-do, Korea, in 2017. He is interested in low-cost microcontroller, technology education and invention education.