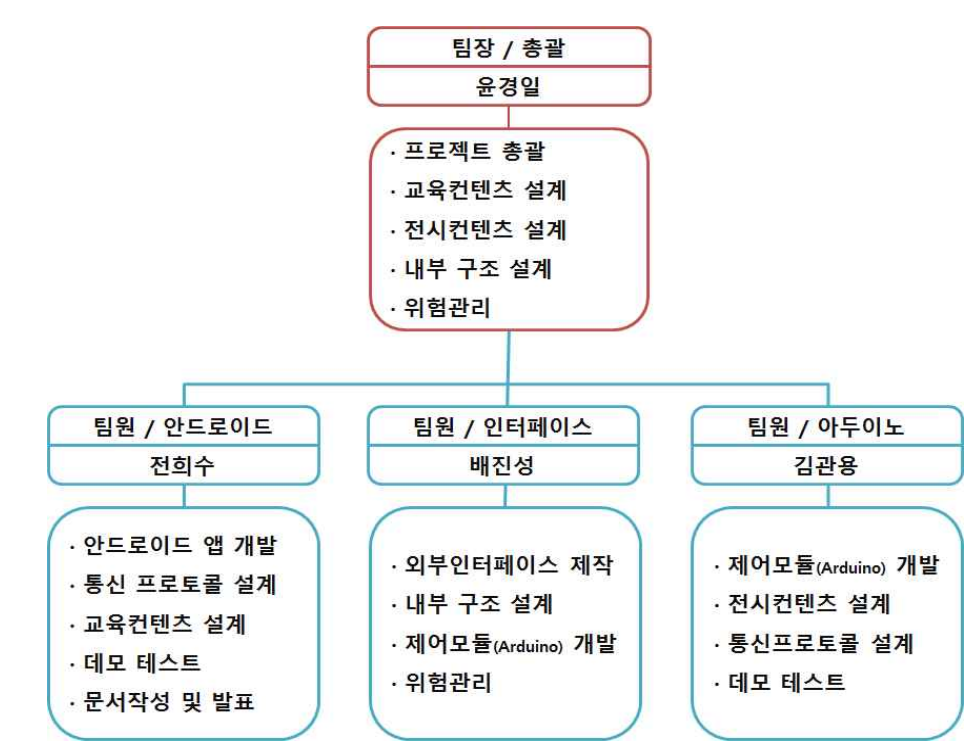


# **창의적 공학설계**

## **2014년도 최종보고서**

**2014. 12. 21**

<b>주관기관명</b>	<b>숭실대학교 IT대학 컴퓨터학부</b>
<b>과목명</b>	<b>창의적 공학설계</b>
<b>담당교수명</b>	<b>최 종 선</b>
<b>프로젝트 명</b>	<b>피아노분수</b>

피아노분수 (BlueScreen)				
아두이노, 안드로이드를 이용한 피아노 외형의 분수				
소 속	송실대학교 IT 대학 컴퓨터 학부			
분반 (00조)	공통반 6조			
팀 명	BlueScreen			
팀 원 (총: 4명)	이름	학번	역할	기여도 (%)
	윤경일	20123108	팀장	25 %
	전희수	20083221	안드로이드	25 %
	배진성	20092383	인터페이스	25 %
	김관용	20123105	아두이노	25 %
팀 구성	 <pre> graph TD     TL["팀장 / 총괄 윤경일"]     TL --- T1["· 프로젝트 총괄 · 교육컨텐츠 설계 · 전시컨텐츠 설계 · 내부 구조 설계 · 위험관리"]     T1 --- T2["팀원 / 안드로이드 전희수"]     T1 --- T3["팀원 / 인터페이스 배진성"]     T1 --- T4["팀원 / 아두이노 김관용"]     T2 --- T2L["· 안드로이드 앱 개발 · 통신 프로토콜 설계 · 교육컨텐츠 설계 · 데모 테스트 · 문서작성 및 발표"]     T3 --- T3L["· 외부인터페이스 제작 · 내부 구조 설계 · 제어모듈(Arduino) 개발 · 위험관리"]     T4 --- T4L["· 제어모듈(Arduino) 개발 · 전시컨텐츠 설계 · 통신프로토콜 설계 · 데모 테스트"] </pre>			

## 〈 한 글 요약 문 〉

팀 이름		6조 - Bluescreen		
제목		피아노분수 - 유아용 교육/놀이기구		
배경 및 당위성		유아기의 음악 교육은 듣기 능력이 크게 발달하고 호기심이 왕성해지는 만 2세부터가 적합하다. 하지만 기존의 음악 학습 도구는 단순히 유아가 정식 악기를 배우기 전 음악적 감수성을 높이는 접근만 시도하고 있다. 하지만 피아노분수는 단순한 장난감 패러다임에서 벗어나 피아노와 워터분수가 결합된 음악 교육 및 학습 도구로서 유아기 아동들의 음악적 감수성은 물론 공간지각능력 및 암기력까지 동시에 상승시킬 수 있게 설계된 창의적인 제품이다.		
제안 내용	최종 목표	본 프로젝트의 최종목표는 2-6세의 성장기 유아를 위한 최적의 교육/놀이기구 제작으로서, 분수와 LED를 통한 시각적 효과를 이용하여 유아의 자연스러운 흥미를 유도함과 동시에 음악 감수성·암기력·공가지각능력·창의력 등을 종합적으로 발달시킬 수 있는 교육 콘텐츠를 탑재한다.		
	주요 내용	본 프로젝트는 피아노와 워터펌프가 결합된 피아노분수로서, 총 세 가지의 주요 기능을 제공한다. 기능별 세부설명은 아래와 같다.  - 기본모드 : 피아노건반 또는 안드로이드의 사용자 입력에 따른 워터펌프, LED 제어 - 학습모드 : 사용자 선택 음악에 따라 피아노 교육을 할 수 있는 콘텐츠 개발 - 전시모드 : 사용자 선택 음악에 따라 피아노분수 동작 제어		
	개발 방법	기본모드	입력되는 신호에 따라 워터펌프와 LED가 작동될 수 있도록 모터 쉴드 기반의 아두이노 내부 모듈을 설계 및 개발	
		학습모드	사용자에게 적절한 피아노 교육 콘텐츠를 제공할 수 있도록 유저 인터페이스와 아두이노 사이의 내부 모듈을 안드로이드 앱 안에 탑재	
		전시모드	음악에 따라 피아노분수가 자동으로 동작하도록 유저인터페이스와 아두이노 사이의 내부 모듈을 안드로이드 앱 안에 탑재	
기대효과 (학습적 교육 효과 및 실용성 포함)		학습적 측면	- 유아기 아동의 음악적 감수성 향상 및 호기심을 이용한 흥미 유발 - 유아기 아동의 공간지각능력 및 암기력 향상	
		실용적 측면	- 기본적인 피아노의 기능 탑재 - 워터펌프의 조형예술을 이용한 시각적 가치 창출	
중심어		피아노분수	아두이노	안드로이드
		기본모드	학습모드	전시모드

## < 목 차 >

1. 프로젝트 개요	1p
1-1. 개발 기술의 개요	1p
1-2. 개발 기술의 필요성	1p
1-3. 개발 기술의 예상효과 및 활용방안	2p
2. 관련 기술 현황	4p
2-1. 관련사례	4p
2-2. 요구분석	7p
3. 기술 개발의 목표 및 개발내용	8p
3-1. 개발목표	8p
3-2. 개발내용	8p
4. 개발결과의 활용계획	17p
4-1. 기본기능	17p
4-2. 학습기능	17p
4-3. 전시기능	17p
5. 사용자 메뉴얼	18p
6. 개발후기	20p
6-1. 에로사항 및 극복방법	20p
6-2. 개발후기	21p

## < 그림 목차 >

[그림 1] 피아노분수 개요	----- 1p
[그림 2] 개월별 교육/놀이기구 선택	----- 1p
[그림 3] 영유아 공간지각능력	----- 3p
[그림 4] 이퀄라이저	----- 3p
[그림 5] 아두이노 이퀄라이저	----- 4p
[그림 6] 아두이노 피아노	----- 5p
[그림 7] 아두이노 분수	----- 6p
[그림 8] 피아노분수 시나리오	----- 9p
[그림 9] 피아노분수 시스템구성도	----- 10p
[그림 10] 피아노분수 아두이노 블록다이어그램	----- 11p

## < 표 목차 >

[표 1] 요구분석표	-----	7p
[표 2] 연구 개발 내용 및 성과 내용	-----	8p
[표 3] 기본모드의 내용 및 결과	-----	12p
[표 4] 학습기능의 내용 및 결과	-----	12p
[표 5] 전시기능의 내용 및 결과	-----	12p
[표 6] 제작과정 및 내용	-----	13p
[표 7] 개발 방법에 따른 실험 결과	-----	16p
[표 8] 사용자 매뉴얼에 따른 실행화면	-----	18p
[표 9] 에로사항 및 극복방법	-----	20p
[표 10] 역할에 따른 개발후기	-----	21p

# 1. 프로젝트의 개요

## 1-1 개발 기술의 개요

본 프로젝트는 2~6세 사이의 성장기 유아에게 적합한 최적의 교육/놀이기구를 제작하기 위해 설계되었으며, 피아노건반 또는 프로그램에 내장된 음악에 따라 LED와 함께 작동하는 피아노분수이다. 피아노분수는 공원 등에서 음악에 따라 연주되는 분수에서 착안되었으며, 유아에게 적합한 놀이기구로 제작하기 위해 피아노를 접목하였다.



[그림 1] 피아노분수 개요

## 1-2 개발 기술의 필요성

### - 두뇌발달 측면

2-4세 성장기의 유아의 두뇌는 적극적인 학습자로서 듣기·보기·체험 등의 오감자극 활동이 필요하며, 4-6세 유아의 두뇌는 종합적인 사고능력 발달하는 시기로서 정서/리듬/창의성에 대한 학습이 필요하다. 아래 그림은 개월별 적합한 유아의 장난감, 놀이기구를 기입한 표를 중간부분 캡처한 것으로서, 해당 그림의 가이드에 따라 장난감과 놀이를 선택하기에 부모의 입장에서 많이 번거롭고 어려운 부분이 있다.

6개월	핑거핏슬, 투악기, 물유희지	소리인형, 사진첩	비행기타기, 알태우기, 목마타기, 포정놀이, 보물찾기, 변장놀이,
7개월	베낭, 콘센트카바	누름완구, 촉각놀이, 종이(잡지, 신문지) 소프트볼	숨기기놀이, 목마놀이, 우유병 쥐고 먹기, 젓기놀이, 두드리기, 알아동물 흉내내기, 끈 놀이
8개월	아기식탁의자, 빨대컵, 목욕가운	나무블럭, 변신장난감, 미니카, 동화책, 거울, 공방치	블록쌓기(2개), 동화책 읽어주기, 기어가서 물건잡기, 거울놀이, 물건줄거잡기, 뽀이뽀이
9개월	봉봉가, 물유희지	목욕용장난감, 작동완구, 북, 작은 상자, 통, 인체이를 그림책	숨건물건 찾기, 눈코입놀이, 발등걸음마, 기차놀이, 종알이놀이, 음악감상
10개월	주스컵, 알랑슈즈	동요테이프, 실로폰, 피아노, 나팔, 자동차, 미는 장난감, 도형틀	줄놀이, 모래놀이, 북치기, 피아노치기, 손유희놀이, 집어넣기, 양손으로 마시기, 도리도리, 잠잠, 짹짹, 까꿍놀이
11개월	스트랩 목마, 미끄럼 방지 양말	트라이앵글, 피리, 큰퍼즐, 큰 소꿉장, 통장난감, 두경장난감	숨바꼭질, 악기연주, 퍼즐놀이, 걸음마놀이, 목마구르기, 통안에 넣기, 빠이빠이, 계단오르기
2~18개월	신발, 아기 밥그릇, 스푼, 포크, 주머니택배이 유아용 치약칫솔, 무릎보호대	모양블럭, 도화지, 크레용, 동물완구, 그림카드, 글자카드, 끈 장난감, 악대장난감, 양치놀이	숨추기, 카드놀이, 끈 끌고 다니기, 그리기, 뽀뽀하기, 손가락으로 가리키기

[그림 2] 개월별 교육/놀이기구 선택

## - 교육적 측면

유아기의 음악교육은 인간형성 교육의 출발점으로서 예전부터 강조 되어왔던 부분임에 틀림없다. 유아기의 음악교육은 단순한 음악적 지식의 습득이 아닌 청각, 시각, 감각 등의 잠재능력을 적극적으로 개발시켜주며 나아가 전 영역에 걸쳐 교육의 기초가 될 수 있기 때문이다. 하지만 오늘날 유아교육은 어린이들의 천진난만한 순진성과 즐거움을 주는 놀이가 아닌 악보암기 중심의 학습과 기술적인 면을 강조하는 학습, 교사중심의 가창 활동 등이 주류를 이룬다.

피아노분수는 이러한 관행적인 교육을 회피하고 아이의 창의성과 영유아기에게 반드시 필요한 다양한 감각기관의 발달을 노릴 수 있는 놀이기구이자 교육기구 개발이 필요한 시점이다.

## 1-3 개발 기술의 예상효과 및 활용방안

마빈 그린버그(Marvin Greenberg)<sup>1)</sup>의 「음악교육론」에 의하면 영유아기의 음악교육은 창의성촉진, 정서적 반응 향상, 지적성장 자극, 언어발달, 노래·악기연주·음률활동에 따른 유아의 신체발달, 자아개념 형성 등에 영향을 미친다. 이에 따라 피아노분수를 이용해 얻을 수 있는 예상효과와 활용방안은 아래 각 항목과 같다.

### - 창의성 촉진

유아기의 음악경험은 새로운 탐구이자 경험이고, 다른 아이디어의 표현이다. 따라서 영유아기의 음악교육은 아이의 창의성을 촉진시키는 촉매제가 될 수 있다. 또한 에드윈 고든(Edwin Gordon)<sup>2)</sup>의 「음악학습이론」에서는 유아기에 악보읽기 보다 소리에 대한 민감성과 음악적 인식력, 마음에 새겨듣는 태도 등을 통한 음악적성 교육이 더 바람직하다고 말한다. 이에 따라 피아노분수를 활용할 경우 어려서부터 자연스럽게 놀이로 음악을 배울 수 있어 유아의 창의성을 촉진시키는 매개체로 사용할 수 있다.

### - 음악 감수성 향상

유아는 피아노분수의 외부 인터페이스를 통하여 자연스럽게 피아노의 외형에 접근할 수 있다. 또한 피아노분수를 이용한 놀이를 통하여 8개의 음계를 자연스럽게 접하며 2-4세 유아의 두뇌활동에 필요한 듣기·체험 위주의 장난감으로서 요구조건을 충족시킨다. 또한 4-6세 유아의 두뇌에 필요한 리듬감 학습에 도움이 되며, 이를 통하여

1) 마빈 그린버그(Marvin Greenberg) : 미국의 영유아 음악교육학자

2) 에드윈 고든(Edwin Gordon, 1927~) : 미국의 음악교육학자



자연스럽게 음악 감수성을 향상시킬 수 있다. 이는 추후 다른 악기들을 접할 때 거부감 없이 받아들일 수 있게 되며, 해당 악기의 음계를 이해하는데 도움이 될 수 있다.

#### - 암기력 및 공간지각능력 향상

제작되는 피아노분수의 콘텐츠는 학습모드와 전시모드로 구성되어 있으며, 학습모드로 작동시킬 경우 한 소절을 먼저 분수와 음계로 보여준 후 학습자가 따라하는 방식으로 되어있다. 따라서 학습모드로 플레이하는 유아는 앞 소절에서 플레이 되었던 피아노분수의 음계와 모형을 기억하고 있다가 따라해야 하므로 자연스럽게 암기력과 분수가 올라왔던 위치를 통해 공간지각능력을 향상시킬 수 있다.



[그림 3] 영유아 공간지각능력

#### - 이퀄라이저 및 조형예술 효과

피아노분수는 누르는 건반에 따라 지정된 워터펌프가 작동하므로 해당 음역대의 이퀄라이저를 구현하는 효과와 동일하다. 또한 피아노분수가 전시모드로 동작될 경우 사용자가 지정한 음악리스트에 따라 자동으로 워터펌프와 LED가 제어되므로 음악에 따라 작동되는 분수는 조형예술 효과를 줄 수 있다.



[그림 4] 이퀄라이저

## 2. 관련 기술 현황

### 2-1 관련 사례

#### 2-1-1 LED Matrix Equalizer

##### [개요]

Fabio Pugliese Ornellas의 개인프로젝트로서 입력되는 음악을 표현하는 이퀄라이저 출력물이다. 그는 Sparkfun사에서 만든 MSGEQ7라는 반도체와 COM-00760이라는 LED Matrix를 사용하여 자신의 프로젝트를 완성하였다. 그의 프로젝트는 아두이노로 음악을 입력받고 그 입력에 대해 MSGEQ7을 이용하여 디지털 값으로 변환한다. 그 후 값에 대응하는 정도의 Equalizer를 COM-00760을 이용하여 막대그래프 형식으로 출력한다. 이 제품은 단순히 음악을 시각적으로 관찰할 수 있게끔 바꾸기만 하는 매체로서 단기적인 시각적 감흥을 얻을 수는 있지만 더 이상의 무언가를 기대하긴 어렵다.

##### [장 점 / 개선점]

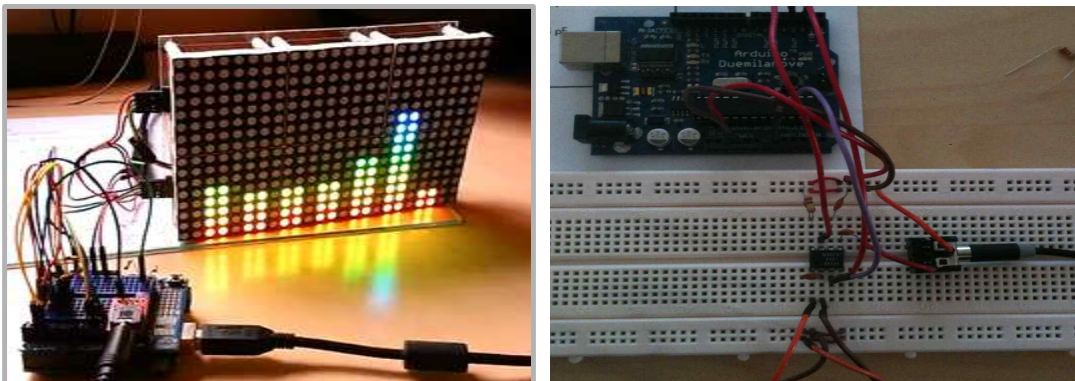
###### □장 점

- 간단한 작동원리와 깔끔한 구현 물
- 기존에 출시되어있는 제품을 활용함으로써 시간을 줄임

###### □개선점

- COM-00760 제품을 단순히 이퀄라이저 출력매체로서만 활용함
- 케이스가 없어 전선이 그대로 드러남

##### [제품 사진]



[그림 5] 아두이노 이퀄라이저

## 2-1-1 Piano Professor

### [개요]

2012년 봄 USC(University of Southern California)에 개설된 EE554 강의를 수강하며 학생들이 진행했던 프로젝트로서 아두이노를 이용한 피아노 학습제품이다. 키보드에 led를 접목하여 저장된 악보의 음계를 박자에 맞춰 건반에 표시를 해주는 방식이다. lcd패널과 버튼모듈을 사용하여 모드 선택을 할 수 있다. 모드의 경우 자유연주 모드, 배우기 모드, 듣기 모드, 레코드 모드 4가지로 구성되어있다. 배우기 모드의 경우 한 마디씩 끊어서 표시를 해주고 잘못된 건반을 칠 경우 맞게 칠 때까지 해당 부분을 반복한다. 배우기 모드에서 한 마디씩 끊어서 어떤 건반을 쳐야 하는 지를 알려주는 것은 우리가 생각하던 학습의 기본 원리와 같았다. 그러나 기능만을 완성하고 시각적인 모습을 꾸미지 않은 것은 사람들로 하여금 만들다만 제품이라는 인상을 줄 수 있기에 좀 아쉬웠다. 구성 품으로는 Arduino Mega, MIDI shield, MP3 shield 등이 사용되었다.

### [장 점 / 개선점]

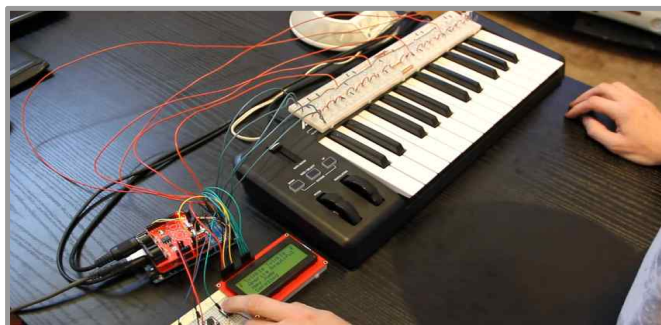
#### □장 점

- 여러 가지 모드를 버튼을 이용해 선택 가능
- 건반에 led로 표시를 함으로서 각 음에 해당되는 건반을 구분가능
- 한마디 씩 끊어서 교육을 함으로 쉽게 배울 수 있음

#### □개선점

- 시각적인 부분에 대한 마무리
- 케이스가 없어 전선이 그대로 드러남에 따른 위험성
- 같은 색의 led를 사용함으로서 빠른 음악의 경우 위치구분이 어려움

### [제품 사진]



[그림 6] 아두이노 피아노

### 2-1-3 Arduino Fountain

#### [개요]

ASIMOWALK5 blog의 운영자가 진행한 개인 프로젝트로서 아두이노 기반의 분수이다. RGB led, 모터펌프, 아두이노를 사용하여 아두이노 분수를 완성하였다. 방수처리에 있어서는 절연테이프와 비닐봉지를 사용하였으며 동작에 있어서는 아두이노에 직접 프로그래밍 하여 동작하게끔 되어있다. led의 경우 펌프의 노즐 바로 뒤에 붙여둠으로서 분수의 색을 표현할 수 있게 하였다. 개인 프로젝트인 만큼 외적인 마무리에서 많이 부족하였으며 모터의 세기가 많이 약해 분수라는 것을 표현하기엔 역부족이라는 느낌을 받았다. 또한 출력외의 다른 기능이 없다는 것 또한 아쉬운 부분 중 하나이다.

#### [장 점 / 개선점]

##### □장 점

- 노래에 맞춰 작동하는 분수로 인한 시각적 즐거움
- RGB led를 활용하여 좀 더 다양한 표현을 가능케 함

##### □개선점

- 시각적인 부분에 대한 마무리
- 케이스가 없어 물이 밖으로 튈에 따른 위험성
- 약한 수압으로 인하여 분수라는 것이 제대로 표현되지 않음

#### [제품 사진]



[그림 7] 아두이노 분수

## 2-2 요구 분석

[표 1] 요구분석표

구 분	Led Equalizer	Piano Professor	Arduino Fountain	피아노분수 (Fountain of Piano)
버튼 입력	X	O	X	O
연주 기능	없음	자유연주 모드 배우기 모드 듣기 모드	없음	자유연주 모드 배우기 모드 듣기 모드
시각 효과	LED통한 Equalizer	없음	분수 효과	LED를 통한 Equalizer 및 분수 효과
교육 기능	시각적 발달	청각적 발달	시각적 발달	시각적, 청각적, 공간지각 암기력 발달

### - 버튼입력 : 자유로운 연주를 위한 기본모드 동작 필요

유아의 즉흥적인 발상을 할 수 있도록 기본모드인 자유로운 연주를 통하여 창의적인 발상을 발달시킬 수 있다.

### - 연주기능 : 전시모드 탑재를 통한 조형예술

피아노분수의 전시모드를 활용하여 음악의 이퀄라이저를 LED와 분수로 표현하였다. 시각효과를 통하여 공간에 활기와 아름다움을 줄 수 있는 조형물을 생각하였다.

### - 시각효과 : 유아의 자연스러운 흥미 유발 필요

유아가 흥미를 유발할 수 있도록 직접 체험할 수 있는 방법을 제공해야 한다. 따라서 분수와 LED를 통한 시각적 효과를 이용하여 자연스러운 흥미를 유발할 수 있다.

### - 교육기능 : 다양한 교육 콘텐츠 필요

성장기의 유아는 두뇌에 적극적인 학습을 필요하므로, 음악 감수성 향상, 창의력 발달, 암기력 및 공간 지각 능력 향상 등 두뇌 활동에 필요한 체험 기능이 필요하다. 따라서 유아는 프로그램에서 보여주는 건반그림 또는 음계를 보고 해당 곡을 학습한다. 학습방식은 사용자가 선택하는 구간(마디, 소절)만큼 프로그램이 먼저 작동을 보여주고 유아는 분수의 모형과 건반그림, 또는 음계를 보고 따라할 수 있도록 고안하였다.

### 3. 기술 개발의 목표 및 개발내용

#### 3-1 개발목표

본 프로젝트는 아두이노와 안드로이드를 바탕으로 2-6세 성장기 유아의 교육/놀이기구로서의 피아노분수를 개발한다. 워터펌프·LED를 이용한 시각적 효과로 유아의 자연스러운 흥미를 유도하고 피아노 음향을 통한 음악 감수성 향상의 이점을 제공하며, 암기력·공간 지각능력을 향상시키는 등의 두뇌발달 학습 콘텐츠를 탑재함을 목표로 한다.

#### 3-2 개발내용

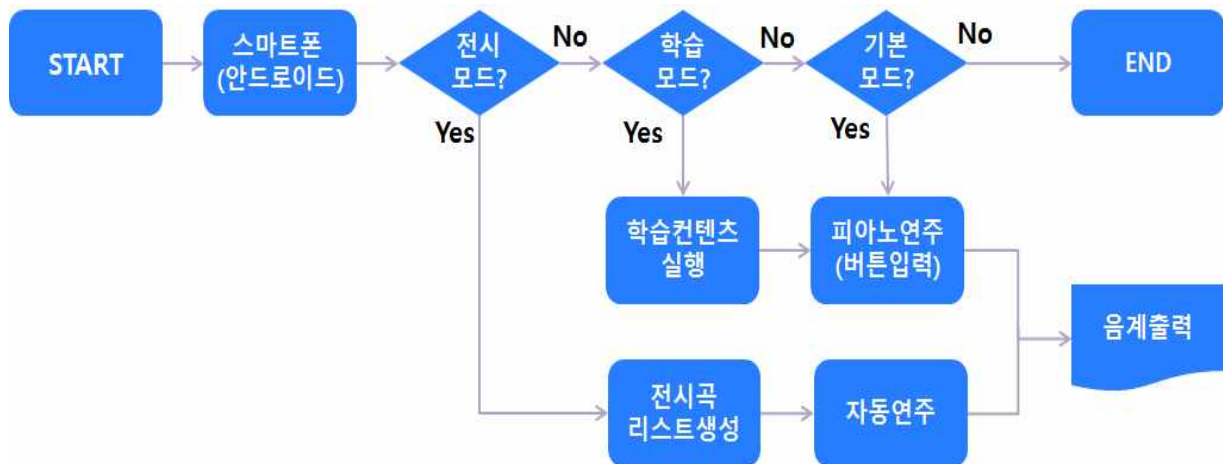
[표 2] 연구 개발 내용 및 성과 내용

구 분	연구개발 내용	성과내용
기본모드	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노건반을 이용한 분수 작동               <ul style="list-style-type: none"> <li>워터펌프 &amp; LED 동시 작동</li> <li>시리얼통신을 이용한 스마트폰 스피커 출력</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노건반을 이용한 분수 작동</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트폰 입력을 통한 분수 작동 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>시리얼 통신을 이용하여 피아노건반을 이용한 작동과 동일하게 작동</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트폰 입력을 통한 분수 작동</li> </ul>
학습모드	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노교육을 위한 학습컨텐츠</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노교육을 위한 학습컨텐츠</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습컨텐츠별 분수 작동 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>워터펌프 &amp; LED &amp; 스피커 작동</li> <li>음악 선정 및 탑재</li> <li>사용자입력 제어 모듈</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학습컨텐츠에 따른 분수 작동</li> </ul>
전시모드	<ul style="list-style-type: none"> <li>음악 컨텐츠별 분수 작동 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>음악 컨텐츠별 분수 작동</li> </ul>
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>안드로이드 App 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>UI &amp; UX 설계 및 구현</li> <li>아두이노·안드로이드간 Serial 통신 구현</li> <li>사용자 입력 제어 모듈 설계 및 구현</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>안드로이드 App 개발</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노분수 외부 인터페이스 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>외형 설계 및 도색 자재 선택</li> <li>워터펌프 &amp; LED 동작 방식 설계</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노분수 외부 인터페이스 설계</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노분수 내부 설계               <ul style="list-style-type: none"> <li>워터펌프 &amp; LED &amp; 아두이노 위치 설계</li> <li>물 사용에 따른 방수처리</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피아노분수 내부 설계</li> </ul>



### 3-2-1 개발내용

본 프로젝트는 아두이노와 스마트폰(안드로이드) 기반으로 2-6세 유아를 위한 종합적인 놀이/교육기구로서 기본모드·학습모드·전시모드 총 3가지의 주요 기능을 제공한다. 각 모드는 안드로이드 앱에서 사용자가 직접 선택 가능하며 학습모드와 각 모드에 따른 시나리오(순서도)는 아래 그림과 같다.



[그림 8] 피아노분수 시나리오

사용자가 기본모드를 선택할 경우 사용자가 누르는 피아노건반에 해당하는 음계를 단순 출력(위터펌프, LED동작 포함)하며, 학습모드를 선택할 경우 안드로이드에서 제공하는 학습컨텐츠의 진행에 따라 피아노연주를 학습할 수 있다. 마지막으로 전시모드를 선택할 경우 사용자가 전시를 원하는 곡을 선택하면 해당하는 음악에 따라 분수가 자동으로 작동하게 된다.

#### 3-2-1-1 기본모드

기본모드는 피아노분수의 가장 기본적인 기능으로서, 안드로이드 앱에서 기본모드를 선택한 후 앱상에서 피아노건반에 해당하는 버튼을 누르거나 피아노분수의 건반을 누를 경우 해당되는 음계의 위터펌프와 LED, 스피커가 동작하게 된다. 버튼에 해당하는 동작은 아래의 학습모드와 전시모드에서도 동일한 알고리즘이 적용된다. 피아노분수의 건반을 이용하여 기본모드를 작동시킬 경우 동시에 2개까지의 위터펌프 제어가 가능하다.

#### 3-2-1-2 학습모드

사용자는 안드로이드 앱에서 학습모드를 선택하여 탑재된 학습컨텐츠를 이용 가능하다. 탑재된 학습 모듈을 이용하여 사용자가 선택한 곡에 대한 연주를 마디별로 학습할 수 있다. 사용자는 위터펌프의 사전 동작을 먼저 본 후 피아노건반 또는 안드로이드의 피아노

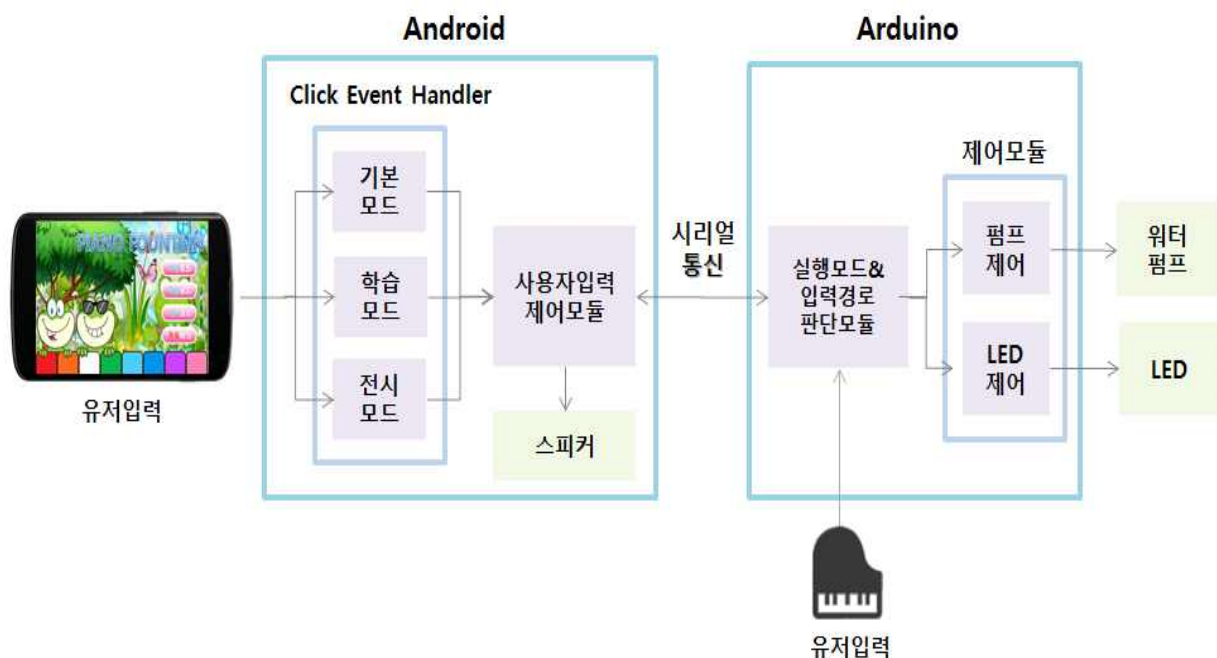
버튼을 입력함으로써 해당 곡을 학습 가능하며, 워터펌프의 사전 동작과 다른 입력을 할 경우 올바른 건반을 누르기 전까지 다음 단계로 넘어갈 수 없다.

### 3-2-1-3 전시모드

사용자는 안드로이드 앱에서 전시모드를 선택하여 탑재된 전시컨텐츠를 이용할 수 있다. 사용자가 선택한 곡에 따라 피아노분수가 자동으로 작동하게 된다.

## 3-2-2 개발 내용 및 범위

위와 같은 세 가지 주요 기능을 제공하기 위해 구성해야 하는 시스템 구성도는 아래 그림과 같다. 사용자가 선택하는 모든 입력을 제어하기 위한 사용자입력제어모듈이 안드로이드에 탑재되어야 하며, 이와 연동될 수 있도록 아두이노에서도 실행모드 & 입력경로 판단모듈이 필요하다. 워터펌프와 LED를 동작시키는 입력이 안드로이드와 피아노분수의 건반 총 2개이므로, 각 입력에 대해 판단할 수 있는 통신프로토콜이 설계되어 있어야 한다.

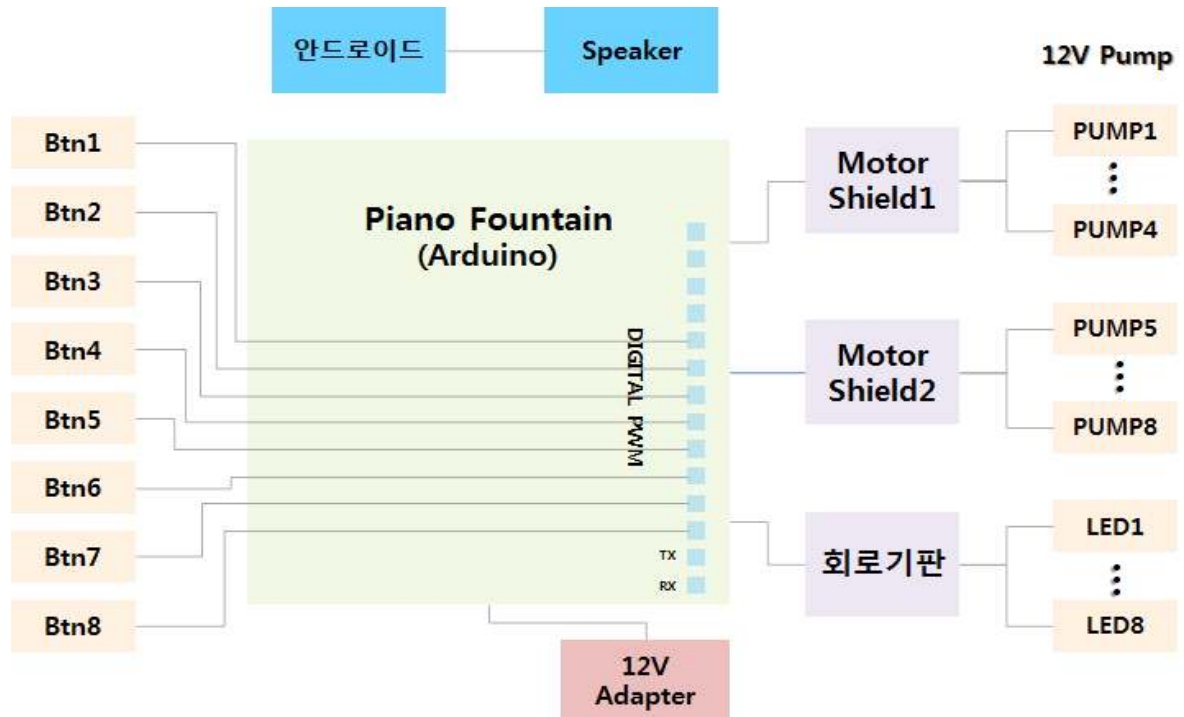


[그림 9] 피아노분수 시스템구성도

위 그림<피아노분수 시스템 구성도>를 구성하기 위한 피아노분수 내부의 아두이노 시스템 구성도는 아래 그림과 같다. 피아노 외부 인터페이스를 구성하기 위한 버튼 8개와 그에 상응하는 펌프 8개가 필요하다. 펌프 8개를 제어하기 위해 2개의 모터쉴드가 필요하며, 필요 시 쉴드 2개를 통해 8개의 펌프를 동시에 제어하기 위해 별도의 아두이노가 하나 더 필요



요할 수도 있다. 소리는 PC와 연결된 스피커에서 출력하며, 워터펌프의 12V를 제공하기 위해 배터리 혹은 12V 외부전원이 필요하다.





[그림 10] 피아노분수 아두이노 블록다이어그램

### 3-2-3 구현 내용


#### 3-2-3-1 기본모드

[표 3] 기본모드의 내용 및 결과

주요기능	내 용	구현결과
피아노건반을 이용한 동작	연동이 완료된 스마트폰 앱의 『기본모드』로 접속한 뒤 피아노분수의 건반을 누를 경우 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 음향(스마트폰)이 동시에 출력 및 동작되는 기능이다. 직접 건반을 누름으로서 피아노분수를 컨트롤할 경우 동시에 2개까지의 워터펌프가 제어 된다.	
스마트폰을 이용한 동작	연동이 완료된 스마트폰에서 앱의 『기본모드』로 들어가서 건반모양의 버튼을 누를 경우 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 음향(스마트폰)이 동시에 동작(출력)된다. 한번에 1개의 워터펌프가 제어된다.	

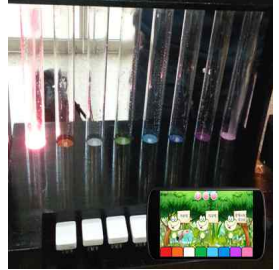
#### 3-2-3-2 학습기능

[표 4] 학습기능의 내용 및 결과

주요기능	내 용	구현결과
학습컨텐츠별 분수 작동	스마트폰에서 앱의 『학습모드』로 들어가서 학습하고 싶은 곡을 선택하면 워터펌프를 활용한 학습이 가능하다. 워터펌프의 선행되는 동작을 이용하여 원하는 곡을 한마디씩 학습이 가능하며, 틀린 음 입력 시 워터펌프가 동작하지 않는다.	

#### 3-2-3-1 전시기능

[표 5] 전시기능의 내용 및 결과

주요기능	내 용	구현결과
음악컨텐츠별 분수 작동	스마트폰에서 앱의 『전시모드』로 들어가서 전시하고 싶은 곡을 선택하면 피아노분수가 자동으로 동작한다.	

### 3-2-4 제작과정

[표 6] 제작과정 및 내용

단계	내 용
<p>① 시스템 설계</p>	<div data-bbox="459 454 1417 902"> </div> <p>아이디어가 채택된 이후 시스템 설계를 시작하였다. 단순 하드웨어뿐인 피아노분수를 만들 경우 다양한 콘텐츠 제공이 어렵다고 판단되어 피아노분수를 제어할 수 있는 응용프로그램을 추가하여 설계하기로 결정하였다. 초기 회의 시 제어프로그램으로는 아두이노-PC간의 자바 응용프로그램이었으나 차후 여러 가지 이점을 고려하여 아두이노-스마트폰(안드로이드) 앱으로 변경되었다.</p>
<p>② 외부 인터페이스 구상</p>	<div data-bbox="467 1205 1409 1630"> </div> <p>시스템 설계가 끝난 후 하드웨어, 즉 사용자가 실제로 보게 되는 외부 인터페이스 설계를 시작하였다. 피아노분수는 피아노이면서 분수의 효과를 잘 살려야 했으며, 또한 내부에 모터를 어떻게 고정할지의 여부와 위험관리도 간과할 수 없는 부분이었기에 관련 연구에 많은 시간을 할애하였다. 자세한 외부 모형은 나오지 않았으나 어떤 재료를 사용하여 어떤 모양의 분수를 만들지의 컨셉을 완성할 수 있었다.</p>

단계	내 용
③ 외부 인터페이스 설계	<div data-bbox="536 344 1420 763"> </div> <p>외부 인터페이스의 디자인 작업이 끝나고, 실제 피아노분수의 외형을 제작하기 위해 상세한 도면이 필요했다. 따라서 두꺼운 도화지 등으로 실제 모형을 만들어보고, 측정된 사이즈를 토대로 도면을 만들어 공방에 제작의뢰를 하였고, 아크릴과 기타 도색 자재 등은 직접 개별 구매하였다.</p>
④ 실제 제작 및 방수처리	<div data-bbox="507 1019 1425 1393"> </div> <p>나무의 외형이 제작된 이후 기존에 해놓았던 내부 구조 설계대로 아크릴, 워터펌프, 아두이노 선들을 고정하였다. 또한 물을 다뤄야 했기 때문에 방수처리가 특히 중요했다. 또한 피아노건반을 우리가 고안해 놓았던 디자인대로 달기위해 드릴을 이용한 구멍 뚫기 등의 수작업을 병행했다.</p>
⑤ 안드로이드 UI/UX설계	<div data-bbox="507 1641 1430 1861"> </div> <p>피아노분수는 2-6세의 유아를 위한 놀이/교육기구였기 때문에 고급스러운 디자인보다는 유아를 위한 다양한 색채감의 UI로 디자인해야 했으며, 피아노분수와 연관성 있는 캐릭터 및 디자인으로 고려하여 구현하였다.</p>

단 계	내 용
<div data-bbox="197 591 229 636">⑥</div> <div data-bbox="293 568 405 658">시리얼통신 테스트</div>	<div data-bbox="501 344 1433 703">  </div> <div data-bbox="485 734 1426 869"> <p>아두이노와 안드로이드간 OTG케이블을 이용한 시리얼 통신을 하였으며, 안드로이드를 아두이노에 연결하였을 경우 ADT를 통한 디버깅이 되지 않아 별도의 창을 통해 디버깅을 진행하였다.</p> </div>
<div data-bbox="197 1330 229 1375">⑦</div> <div data-bbox="293 1330 405 1375">데모 테스트</div>	<div data-bbox="485 904 1449 1621">  </div> <div data-bbox="485 1657 1449 1792"> <p>방수처리를 지속적으로 점검하였으며, 아두이노와 안드로이드 간 기본모드·학습모드·전시모드의 싱크로 율을 조율하고 출품하기 전까지 지속적인 데모 테스트를 통해 완성도를 높였다.</p> </div>



### 3-2-5 실험결과

[표 7] 개발 방법에 따른 실험 결과

구 분		개발방법	실험결과
기본 모드	피아노건반을 이용한 분수 작동	누르는 버튼의 pin 주소 입력 값을 아두이노를 통하여 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 스피커가 동작한다.	피아노 건반을 누르면 해당하는 음계의 음과 음향, LED를 동작시킨다.
	스마트폰 입력을 통한 분수 작동	시리얼통신과 기존에 설계된 기본 모드의 통신 프로토콜을 사용하여 사용자 입력 버튼에 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 스피커가 동작한다.	사용자 입력 버튼에 해당하는 워터펌프, LED, 음향을 동작시킨다.
학습 모드	피아노교육을 위한 학습 콘텐츠	2-6세의 유아가 워터펌프의 모양을 먼저 본 후 따라할 수 있도록 학습 콘텐츠의 제어 모듈을 설계하고 구현한다.	워터펌프가 먼저 동작한 후 사용자가 올바른 입력을 하도록 입력을 제어한다.
	학습 콘텐츠에 따른 분수 작동	학습 콘텐츠의 규칙에 따라 사용자의 입력을 제어하여 특정 워터펌프, LED, 스피커가 동작한다.	학습 콘텐츠의 규칙에 따라 워터펌프, LED, 음향을 동작시킨다.
전시 모드	음악 콘텐츠별 분수 작동	전시되는 음악에 맞춰 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 스피커가 동작한다.	전시되는 음악에 맞춰 해당하는 음계의 워터펌프, LED, 스피커를 동작시킨다.
기타	안드로이드 App 개발	ADT Tool을 이용하여 안드로이드 앱을 개발한다. 앱은 아두이노와 OTG 케이블을 이용한 시리얼통신으로 연동되도록 설계한다.	아두이노와 OTG 케이블을 이용한 시리얼 통신으로 연동되어 동작한다.
	피아노분수 외부 인터페이스 설계	미리 작성한 설계도에 따라 모형을 제작하며 아크릴관의 방수나 LED의 부착 위치 등을 고려한다.	방수가 잘 되며 반사판을 이용하여 LED가 밝게 동작한다. 정확한 설계도면을 제시했기에 모형 또한 원했던 그대로 구현되었다.
	피아노분수 내부 설계	8개의 LED와 펌프를 하나의 아두이노로 작동시키기 위하여 모터실드를 중첩하여 사용하며 여러 상황에 대비하여 기판을 활용한다.	하나의 아두이노로 펌프와 LED가 원활히 동작한다.

## 4. 개발결과의 활용계획

### 4-1 기본기능

현재 제공하는 기능은 동시에 2개까지만 건반이 작동하므로, 좀 더 자유로운 피아노 연주가 가능하도록 기능을 보완해야할 필요성이 있다. 현재 사용하고 있는 12V 어댑터 외에 2개의 워터셴드에 동일한 전압을 유지시켜줄 수 있는 추가적인 방안과 아두이노 제어모듈에서의 안정적인 다중 스레드 구현이 필요하다.

### 4-2 학습기능

현재 제공하는 학습기능은 데모를 위한 한정된 곡뿐이므로, 지속적인 업데이트 등을 통해 더 다양한 곡을 학습할 수 있도록 해야 하며, 워터펌프의 외형을 보고 따라하는 것 외에도 다른 게임적인 요소 등을 이용하여 아이들의 흥미를 유발할 수 있는 컨텐츠가 필요하다.

### 4-3 전시기능

전시기능의 경우 아두이노 내부에 미리 지정해놓은 순서에 의해 연주되므로 사용자가 원하는 곡을 전시할 수 없는 상태이다. 따라서 사용자의 기호에 따라 피아노분수를 작동시키는 것이 가능하도록 MP3곡을 규칙적인 분수의 동작으로 변환할 수 있는 라이브러리 혹은 자체 제작 알고리즘이 필요하다.

## 5. 사용자 매뉴얼

[표 8] 사용자 매뉴얼에 따른 실행화면

단계	내 용
① 기본 모드	<div data-bbox="327 465 1426 831"> </div> <p>아두이노와 안드로이드를 OTG케이블로 연결 후 앱을 실행한다. 『기본모드』 버튼을 누를 경우 사용자의 자유로운 연주가 가능한 상태로 전환이 되며, 스마트폰의 뒤로 가기 버튼으로 빠져나올 수 있다.</p>
② 학습 모드	<div data-bbox="327 1010 1426 1375"> </div> <p>『학습모드』 버튼을 이용하면 워터펌프의 모양을 보고 피아노를 학습할 수 있는 화면으로 전환되며, 『홈』 버튼 또는 스마트폰의 뒤로가기 버튼으로 빠져나올 수 있다.</p>
③ 전시 모드	<div data-bbox="327 1503 1426 1845"> </div> <p>『전시모드』를 이용하여 사용자가 컨트롤하지 않고도 음악과 분수의 자동 연주를 감상할 수 있는 전시모드 화면으로 전환되며, 『홈』 버튼 또는 스마트폰의 뒤로 가기 버튼으로 빠져나올 수 있다.</p>



단계	내 용
<div data-bbox="172 544 199 577">④</div> <div data-bbox="236 521 292 600">종료 하기</div>	<div data-bbox="327 344 831 707">  </div> <div data-bbox="1086 479 1246 568">종료</div> <div data-bbox="341 734 1023 775">『종료하기』 버튼을 이용하여 앱을 종료시킬 수 있다.</div>

## 6. 개발 후기

### 6-1 에로사항 및 극복방법

[표 9] 에로사항 및 극복방법

구 분	개발하면서 가장 어려웠던 기능에 대한 극복방법
에로사항1	처음 프로젝트 진행 시 사용자 입력을 처리할 수단으로 PC안의 자바 어플리케이션을 구상했다. 하지만 스윙(Swing)으로 애니메이션·UI/UX를 모두 구현하는 것이 점점 비효율적으로 느껴졌다. 또한 PC안의 응용프로그램보다 스마트폰 환경의 앱을 구현하는 것이 사용자의 접근성을 높이는 방법으로 판단되어 프로젝트 출품 2주전에 급선회하여 안드로이드 개발을 시작하였다. 안드로이드에서의 XML기반 애니메이션 및 UI/UX 처리는 기존 자바스윙에서 보다 구현상의 부담감이 낮았고 에로사항을 극복하는데 많은 도움이 되었다.
에로사항2	아두이노를 접하면서 회로를 처음 접했기 때문에 엄청난 두려움이 생겼다. 그래서 책과 인터넷 검색을 통한 예제를 통하여 연습을 했고, 구현해 놓은 스케치를 회로에 맞춰서 조금씩 변경해갔다. 그 결과 LED, 버튼, 펌프를 제어하는 것과 아두이노에 대해 전보다는 더 능숙하게 다룰 수 있게 되었다.
에로사항3	무선통신을 하려고 했지만, 통신을 하려고 결정했을 때는 꽤 늦은 감이 있었기 때문에 블루투스를 살 수가 없었고, 바로 실험해볼 수 있는 OTG케이블을 통한 시리얼통신을 선택하게 되었다. 그런데 안드로이드가 보내는 값은 아두이노에서 제대로 받아들였지만, 아두이노에서 보내는 값은 안드로이드에서 제대로 된 값을 받는 것이 힘들었다. 따라서 전송 속도와 서로에 대한 동기화 작업을 통하여 정상적인 값을 얻을 수 있었다.
에로사항4	디자인 문제로 여러 가지 변경 사항이 많았다. 처음에 생각했던 디자인을 최대한 똑같이 하고 싶어서 노력했지만, 그 만큼 똑같이 맞추려고 하려면 비용이 비례하게 올라가는 것이 학생인 우리들에게는 부담이 되었다. 하지만 막상 완성도를 보면 비용이 아깝지 않았다. 또 한 번 사용하려고 공구용품을 새것으로 사자니 너무 낭비인 것 같았고 그 외에도 에로사항이 너무 많았다. 부품을 샀는데 생각한 만큼 안 나와서 사고 못썬던 부품들이 많아서 아쉬웠다.

## 6-2 개발후기

[표 10] 역할에 따른 개발후기

역할	이름	내 용
팀 장	윤경일	우리가 처음에 생각했던 것과는 다른 작품이 나오긴 하였지만, 완성된 프로젝트도 나쁘지 않았다. 팀원들과 의사소통하여 아이디어와 진행상황, 앞으로 할 계획 등 여러 가지를 얘기하고 맞춰가며 하는 팀워크도 좋았다. 팀원들과의 조화와 팀워크를 중요시해야 좋은 결과가 나온다는 사실도 다시 한 번 깨닫게 되었다. 누구 하나가 잘한다고 혼자서 하기보단 능력이 조금 모자라도 같이 보듬어 갈 수 있는 그런 팀이 좋은 팀인 것 같은 생각이 든다. 그런 의미에서 우리 팀은 아주 좋은 팀이었다고 생각한다.
안드로이드	전희수	이번 프로젝트를 진행 하면서 개발자라면 누구나 다 한다는, 그리고 절대 원치 않았던 ‘코드 오픈’을 경험하면서 작품 전시 10분전까지 긴장을 놓을 수 없는 최후의 구현을 해야 했다. 기존 소스를 활용할 수 없는 플랫폼의 변경(PC응용프로그램→안드로이드)이었기 때문에 시간이 많이 부족했음을 더욱 실감했다. 초기 아이디어 회의와 시스템 구상의 중요성을 깨닫게 되었고, 늦었다고 생각했을 때 포기하지 않았던 기억이 추후 많은 도움이 될 것 같다.
아 두 이 노	김관용	프로젝트를 하면서 할 수 있는 정도를 생각하는 것이 중요하다는 것을 느꼈다. 초기에 생각했던 아이디어에서 조금씩 가지를 쳐가면서 아쉬웠지만 나름 처음에 생각했던 목표에는 접근할 수 있어서 좋았다. 그리고 아두이노는 처음 접하여 막막했지만, 막상 하고나니 자신감도 생기고, 다른 작품도 만들어보고 싶다는 생각도 들었다. 그리고 무엇보다도 팀원들이 머리를 싸매고 아이디어와 고충들을 생각하며 상황들을 해결해가는 기억은 잊지 못 할 기억이 될 것 같다.
인터페이스	배진성	이번 프로젝트에서 본인은 결과물의 전체적인 완성도를 높이기 위하여 외부인터페이스 및 구조에 대하여 고민하였다. 만드는 과정에 대한 어려움 보다는 시간과 아이디어에 대한 부분에서 애를 많이 먹었다. 여러 개의 펌프를 각각 돌리는 방법에서부터 아크릴통 가운데로 물이 나오게 하는 법 그리고 나무로 만들 틀을 디자인하는 것까지 모든 것이 고민할 것 투성이었다. 특히, 개발 간에 애를 먹었던 부분은 방수처리와 모든 길이가 정확해야한다는 점이었다. 모든 것이 완벽했다고는 생각하지 않지만 대체로 좋은 결과물이 나온 것 같아 뿌듯했다. 앞으로 새로운 개발 또는 경험을 함에 있어 여러모로 도움이 될 것 같다.