

# MBL기반 소프트웨어 융합형 과학실험교구 설계

손민우\* · 주영태\*\* · 김종실\*\* · 유승혁\*\* · 김응곤\*\*\*†

Designs of MBL-based Software Convergence for the Scientific Experiment  
by means of Education Tools

Min-Woo Son\* · Yeong-Tae Ju\*\* · Jong-Sil Kim\*\* · Seung-Hyeok Yoo\*\* · Eung-Kon Kim\*\*

## 요약

현재 사용되는 일반적인 교육용 과학실험교구들은 정밀한 측정이 불가능하며 MBL 실험교구일지라도 센서 중심의 프로그램으로 구성되어 있으며 데이터 확보에만 주력하여 능동적인 실험설계가 힘들다. 이 연구는 교육과정 분석을 통해 소프트웨어 융합 실험설계가 가능한 과학실험교구 시스템을 구상하고 기존 실험의 한계점을 보완하여 MBL기반 과학실험교구의 전체 시스템 아키텍처와 프레임 및 기구부를 설계한 것이다.

## ABSTRACT

Currently, general educational science experiment teaching aids cannot be accurately measured, and even MBL experiment teaching aids consist of sensor-oriented programs that is difficult to actively design experiments by focusing only on securing data. This study envisioned a science experiment parish system capable of software convergence experiment design through curriculum analysis, and designed the entire system architecture, frame, and mechanism of MBL-based science experiment parish system by supplementing the limitations of the existing experiment.

## 키워드

Embedded Hardware, Educational Equipment, MBL, Scientific Experiment, Software Education  
임베디드 하드웨어, 교육 기자재, MBL, 과학 실험, 소프트웨어 교육

## 1. 서론

현재 일반적인 교육용 과학실험의 경우 정밀한 측정이 불가능하고, 이에 따라 결과를 분석하기가 어려운 문제점이 있다. 또한, 아두이노(ARDUINO) 센서를 활용하여 실험에 적용한 사례의 경우에 아두이노를 이용하여 프로그래밍해야 하고 C언어 등의 프로그래밍 언어를 습득하지 않으면 적용하기 어려운 방식으

로 인하여 일반 학생들이 쉽게 접근하기 어려웠고 물리 분야로 한정되어있다[1].

MBL기반 과학실험(MBL: microcomputer based laboratory)은 정성적인 결과를 도출해왔던 기존의 실험에서 MBL 장비와 센서 등을 학생들이 직접 활용하여 정량적인 실험 결과를 도출함과 동시에, 수집된 데이터를 그래프나 도표 등의 시각적 형태로 보면서 결과를 분석하는 과정을 통해 학생들의 과학 탐구 능

\* 순천대학교 컴퓨터공학과(wiswnal2@naver.com)

\*\* 전자부품연구원(yoosh@keti.re.kr)

\*\*\*† 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과(kek@sunchon.ac.kr)

• 접수일 : 2020. 07. 08

• 수정완료일 : 2020. 07. 27

• 게재확정일 : 2020. 08. 15

• Received : Jul. 15, 2020, Revised : Jul. 27, 2020, Accepted : Aug. 15, 2020

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University,

Email : kek@sunchon.ac.kr

력을 향상시킬 수 있다.[2-6]. 하지만 기존의 MBL 실험 교구의 경우는 센서 중심 프로그램으로 구성되어 있으며 실험데이터를 얻기 위한 부가적인 장치들의 연결이 어려워 실험 적용에 대한 확장성이 떨어지고 기계적 오류, 수업 커리큘럼 부족 등의 어려움을 가지고 있다.

SW융합 화학실험 활동은 과학적 탐구능력의 신장에 긍정적인 효과가 있는 것으로 분석되며 소프트웨어 프로그램을 적용하는 것은 비교적 높은 수준의 능력을 요구하는 것에 대비하여 융합인재소양 향상에 긍정적인 효과가 있다[7-10].

이 연구는 기존 과학 실험에 코딩을 통한 MBL 제어기술을 도입함으로써 소프트웨어 융합형 실험이 가능하다. 또한, 자동 데이터 수집을 통해 자료의 수집이 빠르고 센서의 확장성을 높여 기존의 한계점을 보완한 MBL기반 과학실험교구의 전체 시스템 아키텍처와 프레임 및 기구부를 설계하였다.

## II. 과학실험교구 설계 및 제작

### 2.1 과학실험교구 전체 시스템 설계

과학실험교구의 시스템 일체화를 통해 소프트웨어를 활용하여 과학실험을 진행할 수 있고 학습자 명령 블록형 코딩 프로그램인 Scratch를 통해 프레임과 기구부를 제어할 수 있도록 설계하였다.

3D프린터 기반의 프레임 기구부에 과학실험이 가능한 기구물 및 데이터 수집용 센서를 장착하고, x,y,z축으로 움직일수 있도록 하드웨어를 설계하였다.

과학실험교구의 실험 결과값을 다양한 센서가 측정하여 주 시스템으로 전송하고 모니터링 및 제어 명령부에서는 검출한 각종 데이터를 기반으로 실험에 대한 다양한 정보를 제공할 수 있도록 설계하였다.

센서부와 메인 실험 프레임 및 기구부를 Scratch에 연동될 수 있도록 하였으며 프로그래밍을 모르는 학습자들도 드래그앤드롭으로 과학실험교구 제어명령블록을 순차적으로 코딩하여 손쉽게 프로그래밍 사용할 수 있도록 설계하였다.

그림 1은 과학실험교구 시스템 구성도이며 그림 2는 결과 데이터 처리 구성도이다.

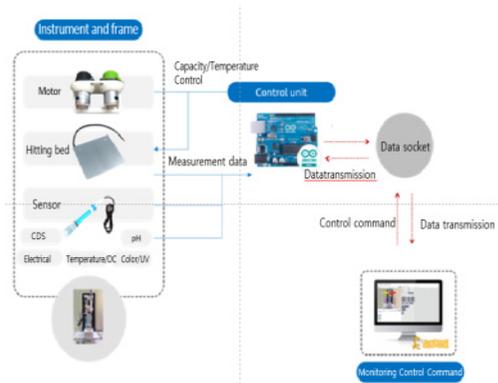


그림 1. 과학실험교구 시스템 구성도  
Fig. 1 Diagram of the scientific experimental tool System

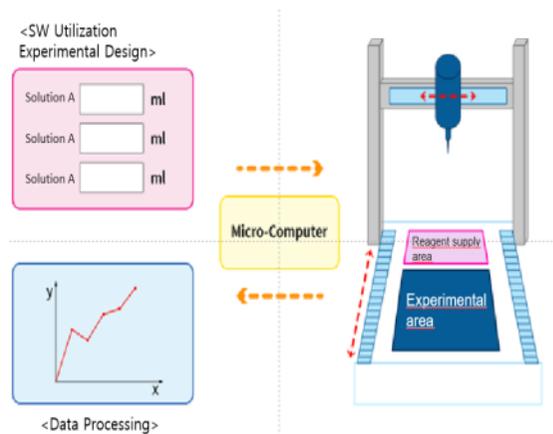


그림 2. 결과 데이터 처리 구성도  
Fig. 2 Result data processing diagram

### 2.2 과학실험교구 프레임 및 기구부 설계

기존 3D 프린터의 기구부와 차별화된 방식으로 비커 및 실험기구를 전면에 배치하여 간섭이 최소화될 수 있도록 구동되는 기구부를 설계하였다.

메인 프레임은 알루미늄 프로파일을 사용하여 제작되었으며, 프로파일의 레일에서 작동될 수 있도록 구성되어 있다. 또한, 앞면 및 오른쪽 부분이 개방된 형태로 3D 프린터의 기능과 최적의 실험 공간을 확보하여 과학실험에 적합한 프레임을 개발하였다. 그림 3은 과학실험교구 프레임 및 기구부 설계도이다.

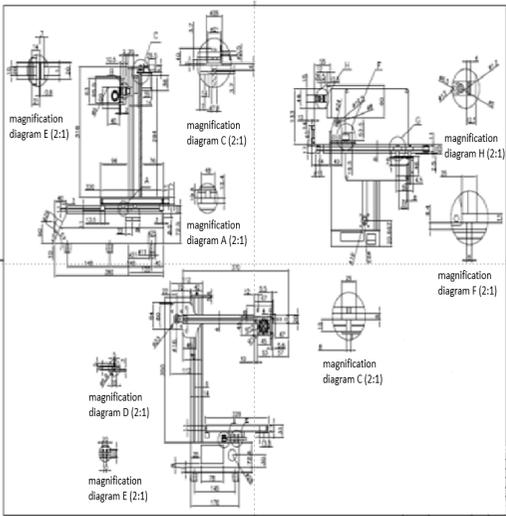


그림 3. 과학실험교구 프레임 및 기구부 설계도  
Fig. 3 Instrument and frame designs of scientific experiment tools

### 2.3 센서 부착을 위한 통합 커넥터 설계

실험 데이터 수집에 필요한 주요 센서(온도, pH, 조도, 컬러/Uv)를 부착하여 동시에 연결이 가능한 모듈로 주요 센서의 특성을 고려한 커넥터 방식을 사용하여 센서별 통합커넥터에 손쉬운 장착이 가능하도록 설계하였다. 그림 4는 센서통합커넥터의 외형 및 내부 3D 모델링 설계 자료이다.

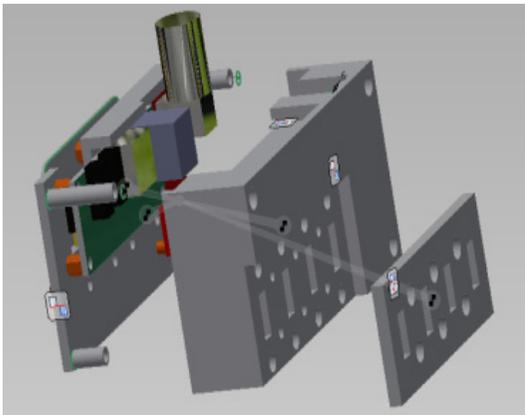


그림 4. 센서통합커넥터 3D 모델링 설계 자료  
Fig. 4 3D modeling design data of the sensor-integrated connector

### 2.4 Arduino Mega 기반 통합제어용 하드웨어 설계

전체 시스템 컨트롤을 위한 메인 컨트롤 보드의 스펙은 표 1과 같이 하드웨어를 설계하였으며 스텝모터 컨트롤러는 소켓을 통하여 장착할 수 있도록 설계하였다.

향후 활용성 및 확장성을 고려하여 Arduino Mega 기반으로 설계하였고 추가적인 센서 확장이 가능하도록 센서 수집용 보드를 개별적으로 설계하여 장착하도록 하였다. 또한 다수의 디지털 I/O포트를 다양한 센서 데이터를 수집할 수 있도록 하였다. 스텝모터 컨트롤러 일체형 제품이며 무선통신 기능이 내장되어 있다.

전면 LCD 디스플레이 장착이 가능하도록 구성하였으며 주요 센서 및 구동부를 연결하기 위한 보드로 ADC 값을 요구하는 센서는 아이폰 잭을 활용하여 작동하며, 스텝모터 구동은 RJ45-6P 커넥터, RS485 통신은 USB 커넥터를 이용한다. 그림 5는 과학실험교구 통합컨트롤보드의 회로 및 PCB 설계도이다.

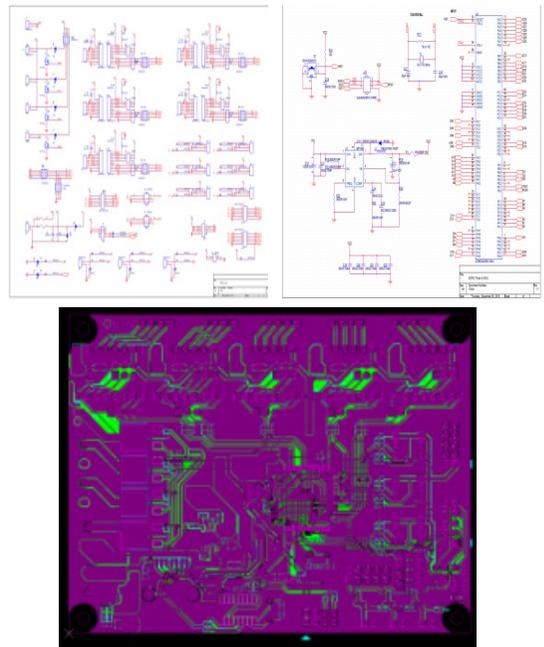


그림 5. 메인컨트롤러 회로 및 PCB 설계도  
Fig. 5 Main controller circuit and PCB design diagram

표 1. 설계된 하드웨어 스펙  
Table 1. Designed hardware specifications

List	contents
Communication method	UART
Transmission speed	115200 bps
Control procedure	Asynchronous communication
Sum check	None
Parity Check	None

2.5 데이터 무선 전송을 위한 하드웨어 설계

무선 전송을 위하여 블루투스 기반의 제품으로 개발을 진행하였으며 통신용 시스템에 적합한 프로토콜을 내장한 BLE4.0 기반의 제품으로 설계하였다. 또한 범용성이 우수한 nRF51822 기반의 제품으로 설계하였으며 센서 데이터 수집보드와 1차적으로 연결되어 기본적인 데이터 처리가 가능하도록 하였다. 그림 6은 데이터 전송 모듈의 회로 설계도이다.

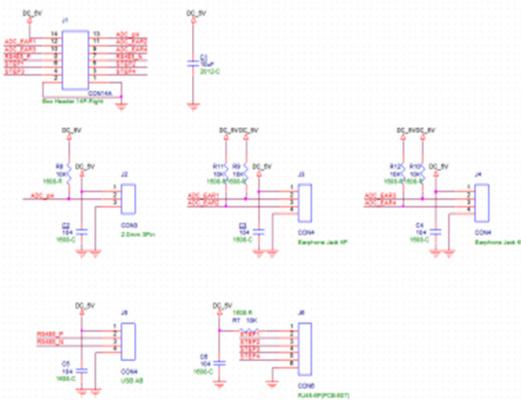


그림 6. 데이터 전송 모듈 회로 설계도  
Fig. 6 Data transmission module circuit diagram

2.6 과학실험교구 기능 수행을 위한 펌웨어 개발

과학실험교구 제어를 위해 명령 블록리스트를 정의하였고 기구부 제어 동작, 센서 데이터 입출력 등 과학실험에 필요한 블록을 정의하였다.

과학실험교구 제어부와 데이터 송수신을 위하여 기구부 프레임 이동을 위한 스텝 모터 제어등 구동관련 프로토콜과 센서(온도, pH, 전기전도도, 컬러)데이터

수집 용 프로토콜을 정의하였다. 또한 유선(UART), 무선통신을 통한 프로그램 데이터 송수신 및 처리가 가능하고 과학실험교구에 장착된 구동 프레임, 스텝 모터, 디바이스를 제어할 수 있는 최적의 프로그램을 개발하였다. 그림 7은 데이터 송수신을 위한 통신 프로토콜 정의이다.



그림 7. 통신 프로토콜 정의  
Fig. 7 Communication protocol definition

III. 과학 실험용 프레임 장착 기구부 설계

3.1 프레임 장착 기구물 설계 및 제작

개별 기구물이 장착이 용이하도록 체결부를 자석식으로 제작하였으며 센서와 메인 프레임에 손쉽게 장착이 가능하도록 브라켓을 설계하였다.

시약 공급장치는 과학실험에 사용되는 시약의 정량을 주입하기 위한 모듈로써 간단한 모듈 교체로 시약 및 용량 변경이 가능하도록 설계하였으며 학습자가 실험 목적과 특성에 맞게 구성할 수 있도록 다양한 용량, 용질의 주입기를 설계 및 제작하였다.

고체주입기는 내부 스크류 청소가 용이하도록 조립/분해가 가능한 캡으로 구성하였으며 실린지 펌프는

센서 모듈과의 간섭을 최소화하기 위해 크기를 최소화하여 설계 및 제작하였다. 다음 그림 8은 고체 주입기의 3D 모델링과 시제품이며 그림 9는 실린지 펌프의 3D 모델링과 시제품이다.

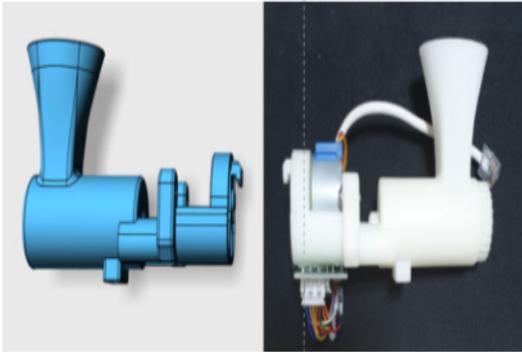


그림 8. 고체 주입기의 3D 모델링과 시제품  
Fig. 8 3D modeling and prototype of solid injectors

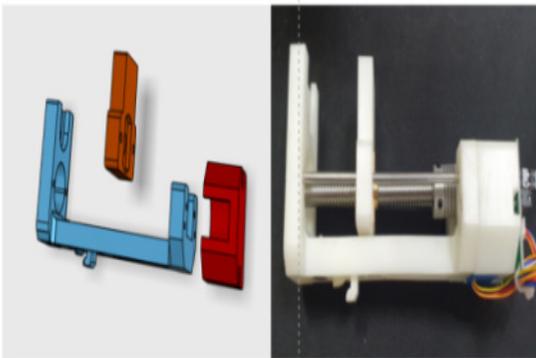


그림 9. 실린지 펌프의 3D 모델링과 시제품  
Fig. 9 3D modeling and prototype of syringe pump

### 3.2 과학실험기구 설치용 메인 베이스 장치 설계

메인 베이스 장치의 격자형 홈은 가로 라인은 영문자(A, B, C, D) 및 세로 라인은 숫자(1, 2, 3, 4)로 표기된 X, Y좌표를 기반으로 이동 가능하며, 학생은 이를 통하여 손쉽게 위치를 인지할 수 있으며 실험 기구물을 이동할 수 있다.

교반기 판은 격자형 홈을 가진 실험판의 정확한 위치에 부착이 되도록 하부에 돌기를 가진 제품으로 설계하였다. 그림 10은 메인 베이스 장치의 3D모델링 설계도이다.

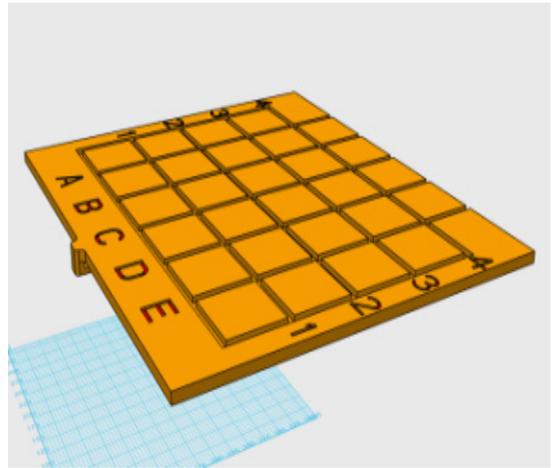


그림 10. 메인 베이스 장치 3D모델링 설계  
Fig. 10 Main base device 3D modeling design

### 3.3 센서 모듈 설계 및 제작

센서 모듈은 기본적으로 실험에 대한 데이터 값을 얻을 수 있도록 개발하였으며 프레임에 쉽게 탈부착이 가능한 자석형태로 설계하였다.

온도 센서 모듈은 기존 온도센서 대비 높이 값 조정을 통한 타 센서와의 높이 값이 동일하게 제작하였다. 조도 센서 모듈은 컬러센서의 값을 보정하기 위하여 현재 조도를 확인 할 수 있도록 구성하였다.

컬러/UV 값 수집을 위한 컬러 센서 모듈은 A용액에서 B용액을 일정량 넣을 경우 변화되는 색의 변화를 감지하기 위하여 측면에서 RGB값을 측정할 수 있도록 구성하였다.

## IV. 교육적 효과 검증

MBL기반 과학실험장치를 활용하여 실제 수업에 적용하여 효과성을 검증하였다. 전남 A초등학교 5~6학년 학생 44명, B영재교육원 5~6학년 2개 학급 학생들을 대상으로 진행하였다. 그 결과 융합인재소양 향상에 긍정적인 효과가 있는 것을 확인하였다. 또한 컴퓨팅 사고력 측정 결과 단계별 학습이 진행될수록 학습자의 컴퓨팅 사고력이 향상되었다.

MBL 과학실험 활동은 과학적 탐구능력의 신장에 긍정적인 효과가 있는 것으로 분석된다. 표 2는 컴퓨팅사고력 향상도 검사결과이며 표3은 과학적 탐구능

력 검증 결과이다.

표 2. 컴퓨팅사고력 향상도 검사 결과

Table 2. Computing accident improvement test result

classification	Time	Average	Standard deviation	t	p
experimental group	Before	51.66	19.63	-2.850	.011
	After	62.61	19.44		

표 3. 과학적 탐구능력 검증 결과

Table 3. Scientific investigative capability verification results

classification	Time	Average	Standard deviation	t	p
Basic exploration ability (1)	Before	1.95	.86	-5.049	.005
	After	2.09	.79		
Integrated Exploration Capability (2)	Before	1.56	.89	-7.849	.007
	After	1.79	.89		
scientific exploratory capacity (①+②)	Before	1.79	.89	-8.778	.002
	After	1.97	.84		

## V. 결론

이 연구는 교과과정 분석을 통해 소프트웨어 융합 실험설계가 가능하도록 과학실험교구 시스템을 구성함으로써 기존 실험의 한계점을 보완하고 단계별 학습이 진행될수록 학습자의 컴퓨팅 사고력을 향상시킬 수 있다.

또한, 교과서 속 과학실험이 소프트웨어와 결합하여 진행될 수 있도록 장치를 구성하였다. 다양한 실험 기기들을 소형 모듈로 제작하여 수업 준비 시간을 줄이고 교구 제작의 경제성도 확보하였다. 특히 반복 실험을 통한 실험 시 오차 발생을 줄임으로써 실험장치의 안정성 및 실험데이터의 신뢰성을 높였으며 3D 프린터의 기능은 물론 최적의 실험 공간을 확보할 수

있도록 과학실험교구의 프레임 및 기구부를 설계하였고 과학실험교구의 기능 수행을 위한 펌웨어와 제어용 시스템 및 연동 프로그램을 설계하였다.

### 감사의 글

이 논문 또는 저서는 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지역대학우수과학자지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(한국연구재단 NRF-2019R111A3A01061011)

### References

- [1] J. Kim, M. Son, and E. Kim, "Development of Chemistry Experimental Teaching Aid for Software Education Convergence Type Elementary And Middle School," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 4, 2019, pp. 769-774.
- [2] H. Kin, S. Lee, and N. Kang, "Open-source Based MBL(Microcomputer Based Laboratory) Improvement and Prototype Development," *Science Education Research Institute Korea National University of Education*, vol. 23, no. 2, 2017, pp. 1-11.
- [3] J. Ree, D. Kang, Y. Kim, Y. Kim, M. Jung, and S. Lee, "Titration Curves in the Acid-Base Neutralization Titration using MBL and Computer Simulation," *J. Korean Science Education Society for the Gifted*, vol. 11, no. 3, 2019, pp. 286-298.
- [4] H. Kim, "A Study on the real-time data collection/analysis/," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 2, 2019, pp. 317-322.
- [5] J. Hwang, S. Jung, and K. Lee, "A Study On the Multi-tactical Data Link Data Management," *J. Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 15, no. 3, 2020, pp. 457-464.
- [6] J. Lee, S. Lee, and J. Oh, "Untact mobile order payment system using short range wireless

communication technology," *J. Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 15, no. 2, 2020, pp. 231-236.

- [7] J. Leem, "Main Issues of Software Education and Tasks of Educational Technology for improving Software Education," *J. Korean Society for Educational Technology*, vol. 31, no. 3, 2018, pp. 679-709.
- [8] I. Jung, "Study on the Preliminary Teachers' Perception for the Development of Curriculum of the Robot-based Software Education in the Universities of Education," *J. Korean Association of Information Education*, vol. 21, no. 3, 2017, pp. 277-284.
- [9] E. Jung, J. Cha, and I. Kim, "Analysis of MBL Experiments from the Korean Secondary Science and Chemistry Textbooks Based on 2007 and 2009 Revision," *J. Science Education*, vol. 40, no. 3, 2016, pp. 254-266.
- [10] E. Heo and B. Yu, "The Study on the influence of MBL Exhibition Class on the Elementary school students' Academic Achievement, Scientific," *The Korean Society of Earth Science Education*, vol. 3, no. 1, 2010, pp. 36-46.

### 저자 소개



#### 손민우 (Min-Woo Son)

2019년 2월 : 순천대학교  
컴퓨터 공학과 졸업(학사)  
2019년 ~ 현재 순천대학교  
컴퓨터공학과전공 석사 과정

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스



#### 주영태 (Yeon-Tae Ju)

2006년 2월 : 순천대학교 졸업  
2018년 3월 ~ 현재 순천대학교  
컴퓨터공학과전공 박사 과정

※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 에너지 ICT,  
영상처리, 멀티미디어



#### 김종실 (Jong-Sil Kim)

2000년 2월 : 순천대학교 졸업  
2015년 3월 ~ 현재 (주)휴인텍  
대표이사 재직중

※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 영상처리, 무선  
통신 기술



#### 유승혁 (Seung-Hyeok Yoo)

2012년 8월 : 순천대학교 석사  
2015년 8월 : 순천대학교 박사 수  
료  
2016년~ 현재 : 전자부품연구원 재  
직중

※ 관심분야 : 영상처리, 스마트가전, IoT 시스템



#### 김응곤 (Eung-Kon Kim)

1980년 2월 : 조선대학교 공학사  
1986년 2월 : 한양대학교 공학석사  
1992년 2월 : 조선대학교 공학박사

1993년 3월 ~ 현재 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스,  
멀티미디어, HCI

