

SW교육 융합 과학교과 연계형 실험 자동화 교구 개발

손민우* · 김진하* · 주영태* · 김종실* · 김응곤**†

Development of SW Education Convergence Science Curriculum-linked Experimental Automation Teaching Tool

Min-Woo Son* · Jin-ha Kim* · Yeong-Tae Ju* · Jong-Sil Kim* · Eung-Kon Kim**

요약

현재 사용되는 실험 교구는 센서를 활용하여 대부분 물리분야 실험에 적용하고 특정 실험에 잘 맞는 MBL만을 개발한 사례도 있다. 하지만, SW융합을 활용한 실험설계 단계는 없으며 교과서 속 다양한 화학실험 적용에 한계가 있고 아두이노의 경우 프로그래밍 시 학생들이 언어를 학습하고 이해하는 데 어려움이 있다. 본 논문은 기존의 microcomputer 실험의 단점 및 소프트웨어 교육의 한계를 극복하고 학습자 능동적 실험설계 과정을 포함한 SW교육 융합 과학 실험기구를 설계 및 개발하였다.

ABSTRACT

Most of the experimental tools currently used are applied to experiments in the physical field by utilizing sensors and only MBL that are suitable for specific experiments have been developed. However, There is no experimental design stage using SW fusion, and there is a limit to the application of various chemistry experiments in textbooks, and in the case of Arduino, it is difficult for students to learn and understand language when programming. In this paper, we designed and developed a SW education convergence science experiment apparatus including a learner's active experiment design process, overcoming the shortcomings of the existing microcomputer experiment and the limitations of software education.

키워드

Embedded, Educational Equipment, Firmware, Scientific Experiment, Software Education
임베디드, 교육 기자재, 펌웨어, 과학 실험, 소프트웨어 교육

1. 서론

현재 사용되는 실험 교구는 센서를 활용하여 대부분 물리 분야 실험에 적용되고 있으며 특정 실험에 잘 맞는 MBL만을 개발한 사례도 있다. 하지만 현

재 개발된 교육용 장치들은 아두이노를 활용하여 실험단계에서 단일 종의 센서를 통해 결과를 수집하고 분석하는 것이 대부분이다[1].

Microcomputer를 과학 실험 교육에 활용한 사례 제시를 통해 교육적 활용 가능성이 증명되었지만 아

* 순천대학교 컴퓨터공학과 wiswnalsdn2@naver.com, jinha1914@naver.com, niea@daum.net, nitekjs@nate.com

**† 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2020. 08. 31
• 수정완료일 : 2020. 09. 22
• 게재확정일 : 2020. 10. 15

• Received : Aug. 31, 2020, Revised : Sep. 22, 2020, Accepted : Oct. 15, 2020

• Corresponding Author : Eung-Kon Kim

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University,
Email : kek@suncheon.ac.kr

두이노는 학생들이 언어를 학습하고 이해하는데 어려움이 있다[2]. 아두이노 같은 물리적인 교육도구 들은 도구 자체만을 학습하는데 많은 시간이 필요해 수업에 활용하기 어려운 측면이 있다[3-4].

현재 프로그래밍 능력은 미래의 중요한 능력으로 여겨지고 있으며 그에 따라 프로그래밍 능력을 키우기 위해 다양한 교육도구들과 새로운 방식들이 시도되고 있고, 학생들에게 적합한 교육교구를 선정하는 노력이 진행되고 있다[5].

또한 다양한 학습 도구를 이용하여 학습 능력을 높이고자 하고 있다. 게임과 같은 응용프로그램이나 조그 코딩 교구는 수업에 대한 흥미를 높이고 문제를 창의적으로 해결하는 사고 능력을 키울 수 있다[6-7].

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[8-10].

그래서 소프트웨어 교육과 Microcomputer의 장점을 융합하고 교과서 속 실험 및 주제 중심 프로젝트 수업에 적용 가능한 확장형 기기를 구성하고자 한다. 또한 학습자 중심 수업 시 추가, 수정, 복제가 가능한 모듈형 장치 구성이 가능하도록 개발하였고 소프트웨어 기반 창의적인 융합실험 설계를 할 수 있도록 장치를 고안하였다.

본 논문에서는 기존 Microcomputer 실험의 단점 및 소프트웨어 교육의 한계를 극복하고 학습자 능동적 실험설계 과정을 포함한 SW교육 융합 과학 실험 교구를 제안하고자 한다.

II. 구동 시스템 설계 및 개발

2.1 과학교과 연계형 구동시스템 개발

그림 1과 같이 스카라 로봇은 공간의 활용성이 우수하고 센서의 이동이 용이하다. 수평이동식 로봇의 경우 x축, y축, z축을 직선으로 이동하므로 직관적인 제어가 가능한 장점을 가지고 있다.

실험용 기구를 3차원 공간(x축, y축, z축)상에서 이동하기 위한 위치 제어가 용이하도록 두 가지 방식(스카라 로봇, 수평이동식 로봇)으로 개발을 진행하여

로봇 제어를 통한 실험이 가능하도록 구동 시스템을 설계하였다.

로봇의 제일 끝부분 제어축에는 실험용 기구물의 이동(각도 변화, 용약 주입 등)을 위하여 추가로 구성된 제어부를 구현하였고 바닥면은 교체가 가능한 실험판으로 되어 있으며, 실험판은 격자로 구성되어 위치 값을 확인하거나 흡을 사용하여 실험기기 고정에도 활용할 수 있도록 개발하였다.

그림 1은 로봇 기반 과학교과 연계형 구동시스템의 전체 시스템 개념도이다.

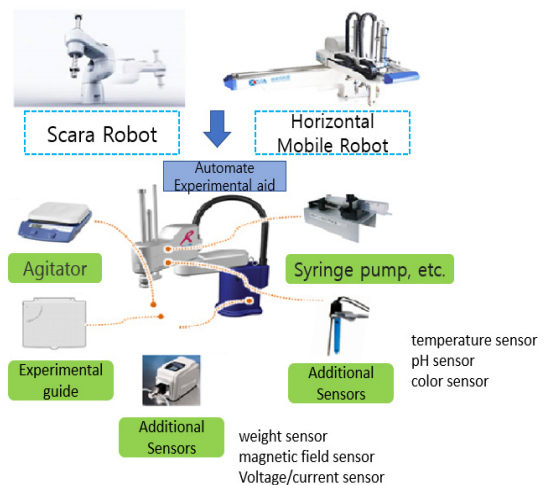


그림 1. 구동 시스템 개념도

Fig. 1 Driving system conceptual diagram

2.2 프레임에 장착이 가능한 브라켓 제작

3D프린터의 노즐은 모듈러 타입으로 제작되어 장착이 가능하도록 구성되었고 결합부에 Y자형 흡을 이루고 있고 내부에 자석이 내장된 제품으로 블록과 자석의 힘에 의하여 초등학교생들도 손쉽게 장착 및 결합이 가능하다. 일부 중량물은 프레임의 측면에 장착이 가능하도록 구성하였고 연결단자를 구성하여 탈거의 용이성 및 확장성을 제공한다.

I/O 확장포트와 연계하여 외부에 센서 및 제어장치를 장착 가능하도록 구성된 결합 브라켓을 설계 및 제작하였다. 프레임 브라켓에 장착하는 기구물로는 실린지 펌프, 온도계, pH센서, 컬러센서, 무게센서 등이 있다. 그림 2는 탈착식 장착장치의 구성도이다.

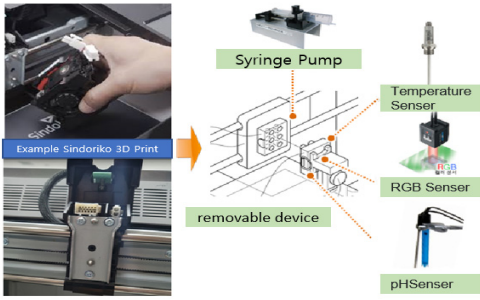


그림 2. 탈착식 장착장치의 구성도
Fig. 2 Configuration of removable mounting device experiment tools

2.3 자동 피펫팅 시스템 개발

자동 피펫팅 시스템은 화학실험에서 주요 기능중 하나인 용액의 희석 실험을 용이하기 위한 장치이다. 피펫팅 장치는 기구의 마지막 브라켓에 장착이 되며, 일반 주사기를 이용하여 주입될 수 있도록 구성하였다. 또한 스텝모터를 이용한 구동축과 주사기를 장착할 수 있는 케이스로 구성되어 있으며, 프로그램에 의한 스텝모터의 작동으로 정량 주입이 가능하도록 개발하였다. 그림 3은 피펫팅 장착장치 구성도이다.

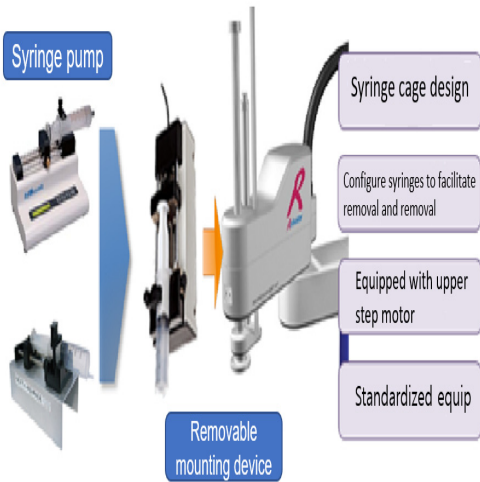


그림 3. 피펫팅 장치 구성도
Fig. 3 Pipetting device configuration diagram

2.4 무선 통신을 위한 하드웨어 및 펌웨어 개발

스마트패드에서도 데이터 수신이 가능하도록 무선 통신 방식을 채택하였으며, 구체적으로 2.4GHz 통신

방식으로 데이터를 전송하도록 개발하였다.

주요 센서 및 I/O 포트에서 수집된 데이터를 전송할 수 있는 무선 데이터 전송 시스템을 설계 및 제작하였고 Wi-Fi(또는 Bluetooth) 통신을 통하여 데이터를 전송할 수 있도록 하드웨어를 설계하였다.

2.5 Liquid Handler 장치 개발

과학실험에서 주사기로 주입하는 소량의 용액 주입 이외에 다량의 용액 주입이 요구될 경우 유체펌프와 같은 기구를 사용하여 용액을 주입하여야 한다.

Liquid Handler 장치는 현행 장소에서 활용되는 유체펌프를 응용하여 화학실험에서 사용할 수 있도록 개발한 제품이다. Liquid Handler 장치는 구동 시스템 측면에 장착할 수 있도록 구성되어있으며 2개 이상의 Liquid Handler 장치를 장착하도록 구성하였다.

용액의 주입을 위한 주입구는 피펫팅 장치와 마찬가지로 구동 시스템의 마지막 브라켓에 손쉽게 장착이 되도록 구성하였다. 그림 4는 자동화 실험 장치 및 Liquid Handler 구성도이다.

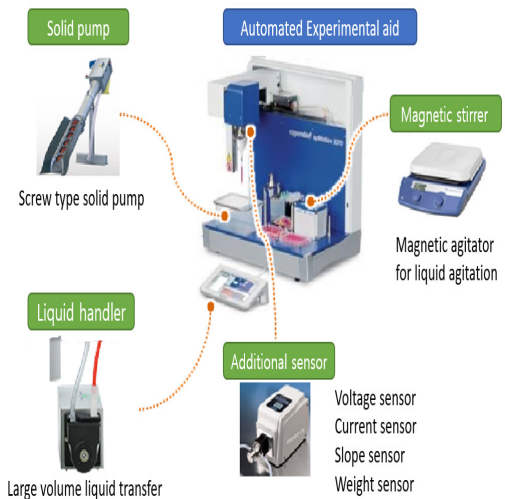


그림 4. 자동화실험 장치 및 Liquid Handler 구성도
Fig. 4 Automated experiment device and Liquid Handler configuration diagram

2.6 교반기 및 교체 주입 장치 개발

용액의 희석을 용이하도록 네오디움 자석을 장착한 실험용 교반기로 제작하였다. 교반기는 격자형 바닥판

에 장착할 수 있도록 하단에 격자로 구성되어 있으며 쿨링팬에 자석을 부착하여 구현하였다. 고체 주입 장치는 스크류 방식으로 구현된 장치로 스텝모터를 구동하여 일정량의 고체를 주입할 수 있도록 구성하였다.

전체 구동시스템의 주요 구동부는 스텝모터로 구성되어 있으며, 피펫팅 시스템도 구동부로 구성되어 있다. 이에 추가적인 스텝모터를 이용한 구동형 장치인 가루 주입장치에 활용될 수 있도록 추가적인 스텝모터 제어단자를 개발하였다. 그림 5는 교반기와 고체 주입기의 구성도이다.

2.7 실험 연관 센서 연동 장치 개발

화학실험과 물리실험의 연관 센서 (온도, pH, 컬러, 전압, 전류, 기울기, 무게)연동 장치를 개발하였다.

화학실험에서는 주요 가능한 온도, pH를 측정 할 수 있는 장착형 장치를 개발하였다. 컬러센서는 화학의 희석실험에서 사용되는 센서로 용액의 색상변화를 통하여 수집하기 위하여 제작하였고 다수의 I/O 포트가 요구됨으로 자체 마이컴을 가지며, 통신을 통하여 센서 데이터를 전송할 수 있도록 구성하였다.

물리실험용 센서는 자체 센서에서도 센서 값을 표시 할 수 있도록 디스플레이를 내장한 제품으로 개발하였다. 기울기 및 무게 센서는 격자형 바닥판에 부착이 가능하도록 격자형 구조로 개발하였다.

III. 교육용 소프트웨어 프로그램 개발

3.1 교육용 SW 블록 프로그램(스크래치) 개발

스크래치 프로그램은 블록형 소프트웨어 교육용 프로그램으로 사용자에게 의하여 스크립트를 추가할 수 있다. 스크립트는 기본적으로 9개가 제공되며, 추가 개발을 통해 명령블록을 직접 개발 추가가 가능하다.

스크립트에 과학실험용 기구물을 제어할 수 있는 다양한 블록을 프로그램으로 개발하였다. 기본적으로 x축, y축, z축에 대한 제어 기능을 포함하며, 센서 데이터 수집을 위한 기능, 데이터 전송을 위한 기능, 정기적 장치 제어를 위한 기능 등을 구현하였다.

3.2 스크래치와 연동이 가능한 펌웨어 개발

과학 실험장치의 마이컴은 기본 프로그램인 스크래치에 최적화되고, 관련 프로그램과 연동이 가능하도록 개발하였다. 메인 프레임에 장착된 디스플레이를 이용하여 정보 표시 기능을 구현하였고 다수의 스텝모터 제어 및 전원관리 부분, 아날라고 데이터 수집, 디지털 포트 상태 값 등을 처리할 수 있도록 개발하였다. 향후 확장성을 고려하여 여분 포트에 대한 개념 설계 및 주요 프로그램에 대해 컴포넌트화 하였다. 그림 5는 펌웨어 구성도이다.

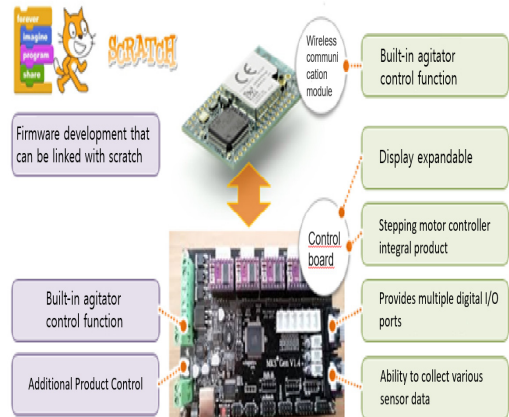


그림 5. 펌웨어 구성도
Fig. 5 Firmware configuration diagram

3.3 교육용 SW 프로그램(엔트리) 및 데이터 처리를 위한 앱 인벤터 개발

국내에서 개발된 소프트웨어 교육용 프로그램인 엔트리를 이용하여 실험할 수 있는 블록형 프로그램을 개발하였다. 국내에서는 블록형 프로그램은 스크래치와 엔트리가 양분하고 있는 실정이다. 이에 엔트리에서도 프로그램이 가능하도록 개발하였다.

엔트리는 스크래치와 달리 지속적으로 데이터를 요청하는 방식으로 데이터 송수신에 많은 자원을 사용하고 있다. 이에 다수의 센서 데이터 값을 처리하고 전송할 수 있도록 개발하였다.

앱 인벤터는 수신된 데이터를 그래픽으로 관련 실험 결과를 제공할 수 있다. 과학 실험 기구에서 수집된 데이터를 프로그램을 통하여 처리하기 위한 추가적인 프로그램인 앱 인벤터를 개발하여 기본적인 데이터를 처리할 수 있는 프로그램 소스코드를 개발하

였다. 그림 6은 엔트리 코딩 프로그램과 앱 인벤터 프로그래밍이다.



그림 6. 엔트리 코딩 프로그램 및 앱 인벤터 프로그램
Fig. 6 Entry coding program and app inventor program

V. 결론

현재 로봇을 사용한 SW교육은 스크래치, 엔트리 등의 명령블록형 코딩 프로그램을 기반으로 전자모듈, 로봇 제어 등으로 활용 되고 있으나 코딩 교육 외의 교육 과정 및 창의융합과의 연관성은 부족하다. SW 교육의 본래 목적을 잃지 않고 활용 범위의 한계를 극복하면서 교육과정에 적용될 수 있는 방법이 필요하다. 더불어 소프트웨어 교육 수업 모델 개선을 통해 학습자가 능동적으로 수업에 참여할 수 있도록 이끌어 내야하며, 수업 모델도 토론, 탐구 등 학습자 중심의 교수 방법으로 변화가 필요하다. 화학실험의 시약과 초차류 등의 위험성과 실험 준비 및 실험시간 부족 등의 현실적인 문제로는 학교 현장에서는 SSC나 MBL 등이 사용되고 있지만 데이터 처리 중심 실험으로 학습자의 창의적인 실험 진행에 제약이 따른다.

본 연구는 과학 교과와 연계한 자동화 실험용 로봇 기반 구동 시스템을 설계 및 제작하였다. 실험용 로봇 제어장치 하드웨어와 수집된 데이터를 전송할 수 있는 무선 데이터 전송 시스템을 설계 및 제작하였다.

또한 온도, pH, 컬러, 전압 등의 센서 연동장치, 용액의 희석에 용이한 교반기, 스크류 방식의 고체 투입장치, 블록형 프로그램을 개발하여 교육과정 속에서

SW융합 과학실험 교구를 활용한 수업이 가능하고 다양한 실험활동에 적용할 수 있는 자동화 실험 교구를 개발하였다.

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] S. An and Y. Lee, "Elementary and Secondary Programming Education Plan Using App Inventor," *The Korean Association of Computer Education*, vol. 17, no. 5, 2014, pp. 79-88.
- [3] M. An, "Learning App Development using App Inventor for Preliminary Early Childhood Teacher," *Korea Information Electron Communication Technology*, vol. 11, no. 4, 2018, pp. 355-361.
- [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] 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.
- [6] M. Lee and S. Jeon, "A Study on Improving Logical Thinking Ability of Elementary School

Students with Entry and Scratch," *J. Korea Elementary Education*, vol. 28, no. 1, 2017, pp. 173-185.

- [7] K. Han, "The effect of the entry programming course on the flow of elementary pre-service teacher," *J. Korean Association of Information Education*, vol. 21, no. 4, 2017, pp. 403-413.
- [8] S. Shin, H. Cho, and M. Kim, "A Curriculum Development on the Robot Literacy Related with A mathematics and Science Curriculum For Elementary and Secondary School Students," *The Korean Association of Computer Education*, vol. 16, no. 6, 2013, pp. 55-70.
- [9] H. Lee, Y. Kwon, S. Kim, S. Son, U. Han, S. Hong, B. Park, and J. Jeon, "An Analysis on the Trend of the Domestic Researches related to Integrated Education in Science," *Korean Association for Learner-centered Curriculum and Instruction*, vol. 18, no. 2, 2014, pp. 295-319.
- [10] J. Kwun, W. Kim, W. Chio, J. Lee, D. Seo, and H. Sim, "The Interactive Certificate Test Learning System Based on ITS," *J. of the Korean Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 163-172.

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



김진하 (Jin-Ha Kim)

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

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스



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