

창의적 문제해결력 신장을 위한 언플러그드 활동 중심 로봇 개발 및 적용

홍지연 · 김영식*

한국교원대학교 컴퓨터교육과

요약

2015 개정 교육과정이 도입됨에 따라 초등학교에서도 소프트웨어 교육이 의무화되었다. 실과 교과의 한 단원으로 구성되는 소프트웨어 교육의 내용은, 정보 윤리, 알고리즘과 프로그래밍, 컴퓨터과학의 원리로 이루어져 있는데 교수·학습 방법으로 놀이 중심의 언플러그드 활동을 권장하고 있다. 하지만 현장 교사들은 적합한 언플러그드 활동 자료의 부재를 가장 큰 어려움으로 생각하고 있었으며, 기존 자료가 성취기준 달성에 적합하지 않다는 점, 단순한 놀이 교육이 많아 컴퓨팅 활동과 연계되지 않는 점 등을 해결해야 할 문제로 지적하였다. 이에 본 연구에서는 초등 소프트웨어 교육의 성취기준으로 제시된 기본 제어구조는 물론 센서를 활용한 다양한 활동을 통해 창의적 문제해결력을 키울 수 있는 언플러그드 활동 중심의 로봇을 개발하였고 이를 활용한 소프트웨어 수업을 통해 효과성을 검증하였다.

키워드 : 초등학교, 소프트웨어 교육, 언플러그드 활동, 창의적 문제해결력, 로봇의 개발 및 활용

Development and Application of Unplugged Activity-centered Robot for Improving Creative Problem Solving Ability

Jiyeon Hong · Yungsik Kim*

Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

ABSTRACT

With the introduction of the 2015 revised curriculum, software education became mandatory in elementary school. The practical subject in the content for the software education consists of information ethics, algorithms, programming, and computer science. Especially, elementary school encourages the unplugged activities. Unplugged activities are preferred among the teachers in the education field as a teaching-learning method. However, those teachers pointed out that the lack of suitable unplugged activity materials was the biggest challenge. In addition, it was pointed out that the existing materials were not suitable for achievement standards, and there are many simple playing-oriented educations that are not linked to computing activities. In this study, we developed an unplugged activity-oriented robot that can be used for the elementary students to learn the basic control structure suggested in the achievement criteria SW education and to develop creative problem solving ability through various activities using sensors. The effectiveness was verified through the software class using the developed robot in this study.

Keywords : elementary school, software education, unplugged activity, creative problem solving ability, development and application of robot

교신저자 : 김영식(한국교원대학교 컴퓨터교육과)

논문투고 : 2019-10-01

논문심사 : 2019-10-23

심사완료 : 2019-10-25

1. 연구의 필요성 및 목적

2015 개정 교육과정이 도입됨에 따라 초등학교에서도 소프트웨어 교육이 의무화되었다. 특히 소프트웨어 교육은 미래 사회의 핵심적인 사고과정이라고 할 수 있는 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking)의 함양을 목표로 학생들이 컴퓨팅 기기가 제공하는 강력한 기능을 통해 효과적이고 효율적으로 문제를 해결하는 경험을 가질 수 있도록 하고자 한다[1].

이에 초등학교의 경우 실과 교과의 한 단원으로 소프트웨어 교육이 구성되어 있다. 소프트웨어 단원 내용은 정보윤리, 알고리즘과 프로그래밍, 컴퓨터과학의 원리로 이루어져 있는데 그 방법으로서 놀이 중심의 언플러그드 활동을 권장하고 있다. 놀이 중심의 언플러그드 활동은 간단하게 말하면 컴퓨터를 사용하지 않고 컴퓨터에 대해 배우는 교수법이다[2].

언플러그드 활동은 교사들에게는 컴퓨터와 프로그래밍 학습이 없이도 논리적인 컴퓨터과학 교과를 효과적으로 가르칠 수 있다는 점에서 컴퓨터 교육의 새로운 방향을 제시하는 용어이며 이러한 장점으로 말미암아 아직 소프트웨어 교육 경험이 많지 않은 현장 교사들이 선호하는 소프트웨어 교육 방법으로 언플러그드 활동이 높은 순위를 차지한다[3][13].

특히 로봇은 이러한 언플러그드 활동의 장점을 살릴 수 있을 뿐 아니라 학생들의 흥미와 몰입도 면에서 그 효과성이 매우 크다. 구영은(2015)은 초등학교 저학년 학생을 대상으로 한 놀이학습 기반 언플러그드 교육의 효과성 분석에서 언플러그드 로봇을 활용한 소프트웨어 수업이 학습에 유의미한 효과를 보았다고 하였다[4]. 정민경(2017) 역시 언플러그드 컴퓨팅을 활용한 STEAM 활동이 유아의 창의성 및 문제해결력에 긍정적인 효과가 있다고 분석하였다[5].

그럼에도 불구하고 아직 언플러그드 활동을 위한 로봇이 많지 않고, 현재 활용되고 있는 언플러그드 로봇의 경우 순차, 반복 정도의 아주 기초적인 수준의 제어 구조만 학습 가능하다. 또한 센서를 활용하려면 교육용 프로그래밍 언어(EPL) 환경에서 로봇을 제어해야 하기 때문에 컴퓨팅 환경이 갖추어져 있지 못한 학급이나 학교 현장에서는 활용할 수 없어 언플러그드 활동이 가능한 로봇의 장점을 살리지 못한다.

이에 본 연구에서는 순차, 반복, 선택 구조뿐 아니라 다양한 센서를 프로그래밍 언어가 아닌 버튼을 활용해 제어하도록 함으로써 보다 확장성이 높은 언플러그드 활동 중심의 로봇을 개발하여 학교 현장에 적용하고자 한다. 이를 통해 학생들이 다양한 문제를 만들어내고 해결하는 경험이 가능하도록 하여 학생들의 창의적 문제해결력을 향상시킬 수 있는 소프트웨어 수업을 제안하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1. 로봇 활용 소프트웨어 교육의 한계

서영민과 이영준(2013)은 교육용 로봇을 활용한 소프트웨어 교육의 가치를 다음과 같이 정리하였다. 첫째, 학습자에게 상호작용형 학습 환경을 제공한다. 둘째, 놀이 중심의 학습 환경을 제공한다. 셋째, 통합적인 학습 환경을 제공한다. 넷째, 다양한 교과와 연계할 수 있는 통합적인 접근이 용이하다. 다섯째, 프로그래밍에 대한 긍정적인 태도를 이끌고 지적 호기심을 유발한다. 여섯째, 융합 교육적 관점에서도 유용하다[6].

하지만 교육용 로봇을 활용한 교육에서 가장 중심적인 활동인 로봇의 제작, 프로그래밍, 코딩 수정에서는 필수적으로 컴퓨터와 로봇을 제어할 수 있는 소프트웨어가 필요하다. 소프트웨어를 활용한 프로그래밍 과정은 학습자의 창의적 사고력, 문제해결력 신장 등에 도움이 될 수 있지만, 이렇게 컴퓨터와 연계된 로봇 교육은 고정된 시간과 장소가 확보된 학교 현장에서만 가능하며, 일반적인 학교 현황에서는 실시하기 어렵다[7]. 즉, 교육 기회가 일회적일 수 있으며 기존 컴퓨터실을 활용하는 경우 개별학습에 적합한 구조로 교실 설계가 되어 있는 경우가 많아 충분한 교육용 로봇이 확보되지 않는 이상 교육적 효과를 거둘 수 있는 수준의 교육이 이루어지기 어렵다고 볼 수 있겠다.

따라서 컴퓨팅 환경에 대한 제약이 없고 프로그래밍 언어에 대한 전문적인 지식이 없어도 언플러그드 활동이 가능한 교육용 로봇이 개발될 필요하다.

2.2 언플러그드 활동을 활용한 소프트웨어 교육의 한계점 해결 방안

홍지연과 김영식(2019)은 언플러그드 활동을 활용한 소프트웨어 교육의 한계점과 문제해결방안 도출에 관한 연구에서 현장 교사들이 언플러그드 활동을 활용한 소프트웨어 교육에서 적합한 활동 자료의 부재를 가장 큰 어려움으로 생각하고 있었으며, 기존 교육자료가 성취 기준 달성에 적합하지 않다는 점, 학년별, 수준별 교육자료가 풍부하게 개발되어 있지 않다는 점, 단순한 놀이 교육이 많아 컴퓨팅 활동이 연계되지 않는 점 등을 문제의 원인으로 생각하고 있었다. 이에 따라 가장 개발이 필요하다고 판단되는 언플러그드 활동 자료로 로봇 기반의 언플러그드 활동 자료와 도구 기반의 언플러그드 활동 자료를 선택하였다[8].

또한 해결방안으로 제시된 로봇 기반의 언플러그드 활동 자료 개발을 위한 설문조사에서 기존의 자료들이 카드 코딩, 라인 코딩 등 유사한 기능을 가지고 있어 차별화가 없다는 점, 센서 등을 활용한 활동은 실시할 수 없는 점을 한계점으로 생각하고 있었고, 새로 개발된 로봇 기반의 언플러그드 활동 자료는 센서를 활용해 움직이는 기능, 버튼에 따라 움직이는 기능이 제공되면 좋겠다는 응답이 가장 높게 나타났다[8].

2.3 기계발 교육용 로봇 분석

현재 개발되어 있는 언플러그드 활동이 가능한 로봇을 비교 분석한 결과는 다음과 같다. 먼저 Bee-Bot은 영국에서 개발된 유아용 언플러그드 로봇으로 “앞으로 1칸, 뒤로 1칸, 좌측 90도 1회, 우측 90도 1회, 프로그램 실행, 메모리 지우기, 1초간 멈춤”의 7개의 버튼을 포함하고 있다. 이연승(2017)은 코딩용 로봇, 비봇(Bee-Bot)을 활용한 수학적 문제해결력 증진 프로그램 개발 및 효과에서 이 로봇이 유아들의 수학적 문제해결력을 신장에 도움이 된다고 주장하였다[9].

이태형(2017) 역시 언플러그드 로봇인 Bee-Bot을 활용한 웃놀이를 개발하여 수학기초융합 활동을 수업에 적용하였다. 로고 프로그래밍 교육용 언어를 통해 언플러그드 교육을 실시하고 실제로 로봇을 활용한 연산놀이를 적용하여 4차 산업혁명 시대를 살아갈 우리 아이들에게

기계적 메커니즘과 컴퓨팅 사고에 대한 이해와 친근감을 갖도록 하였다[10]. 하지만 Bee-Bot의 경우 버튼을 활용해 순서대로 명령을 작성하는 수준의 코딩 교육밖에는 이루어지지 못하므로 반복문, 조건문 등을 활용한 다양한 문제해결 활동이 가능한 로봇이 필요함을 알 수 있다.

Albert는 국내 S사가 개발한 로봇으로 카드를 이용한 언플러그드 컴퓨팅, 스택이나 엔트리 등을 이용한 블록형 코딩이 가능하고 다양한 앱을 활용할 수 있다는 장점을 지닌다. 김돈정(2016)은 초등학교 돌봄교실 환경에서 로봇기반 프로그래밍 학습효과의 지역 및 성별에 따른 차이를 분석하였는데, 이때 학습에 활용된 Albert가 프로그래밍 학습에 효과가 있음을 증명하였다[11]. 이 로봇의 경우 카드에 내장된 명령을 로봇에 내장된 OID 센서가 인식하고 움직이도록 되어 있는데 이때 활용되는 카드 명령으로는 순차, 반복 구조 수준의 코딩 활동이 가능하다[12]. 그러나 다양한 조건과 센서를 활용한 문제해결활동이 이루어지기 위해서는 스택이나 엔트리 등의 EPL 교육이 이루어져야만 가능하다는 한계를 가지고 있다.

‘뚜루뚜루’는 비교적 최근에 나온 로봇으로 기존 로봇들이 가진 대부분의 기능들을 포함하고 있다. 카드를 이용한 언플러그드 컴퓨팅, 라인을 따라 움직이는 컬러 코딩, 스크래치나 엔트리 등을 이용한 블록형 코딩 모두가 가능하다. 하지만 이 역시 앞에서 논의된 바와 같이 보다 다양한 조건과 센서를 활용한 문제해결활동이 이루어지기 위해서는 스크래치 또는 엔트리를 활용한 블록 코딩을 포함해야 가능하다.

3. 언플러그드 활동 중심 로봇 개발

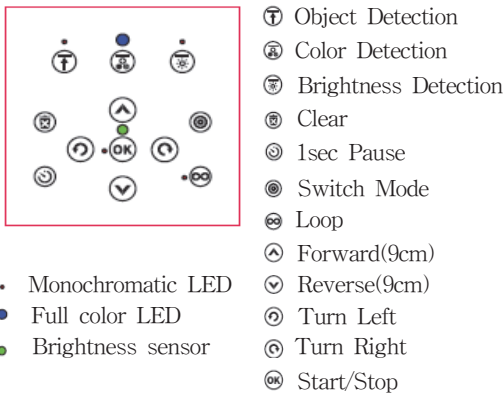
3.1 로봇 개발 방향

언플러그드 활동 중심 로봇의 개발 방향은 다음과 같다. 첫째, 컴퓨터가 필요 없이 조작이 쉬운 버튼을 이용해 언플러그드 활동이 가능한 로봇을 개발한다. 둘째, 컬러, 근접, 조도 센서 역시 버튼으로 제어하여 다양한 문제를 만들어내고 이를 해결함으로써 창의적 문제해결력을 신장시킬 수 있는 로봇을 개발한다. 셋째, 4가지 각기 다른 모드의 라인 코딩으로 다양한 상황과 문제를 만들어 문제를 해결해보는 경험이 가능한 로봇을 개발한다.

3.2 로봇 설계 및 제작

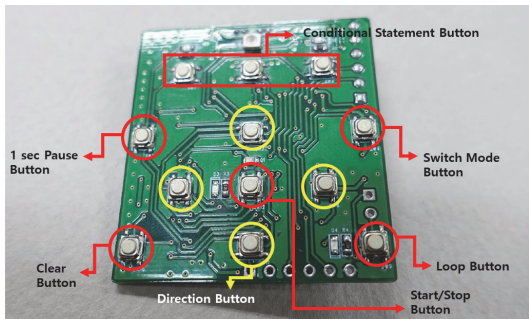
3.2.1 로봇 윗면 설계 및 제작

본 로봇의 개발에 있어서 다른 로봇과 차별화되는 요소는 바로 버튼을 통해 코딩이 가능한 버튼 프로그래밍이다. 따라서 버튼 코딩이 가능하도록 움직임, 각종 센서와 관련된 버튼은 윗면에 배치하였다. 각 기능별 버튼의 위치는 (Fig 1)과 같다. 밝기 센서는 LED의 영향을 받지 않기 위해서 멀리 떨어져 있어야 하며, 특히 로봇의 뒷부분에 있으면 터널에 들어가거나 로봇을 가릴 때의 행동이 어색해지므로 로봇의 중간쯤에 배치하였다.



(Fig 1) Top Button Layout

버튼 코딩을 위한 설계에 따라 제작한 PCB 보드의 실제 모습은 (Fig 2)와 같다. 로봇이 윗면에 위치한 PCB는 전원 공급과 관련한 장치와 컬러 센서, 바닥 근접센서 등을 포함한다. 컬러 센서를 통해 빨강, 초록, 파

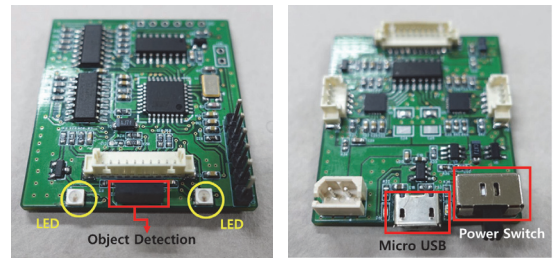


(Fig 2) Top side PCB production

랑의 3가지 색에 닿았을 때 특정한 행동을 하도록 할 수 있으며, 3개의 바닥 근접센서는 로봇이 난간 등에서 추락하는 것을 막을 수 있도록 해준다.

3.2.2 앞, 뒤, 옆, 밑면 설계 및 제작

앞면의 경우 근접센서와 LED를 포함하여 장애물 인식 및 방향 전환, 어두운 공간에서 불빛 켜기 등의 기능을 수행하게 하였다. 뒷면에는 마이크로 USB 포트를 중앙에 위치시키고, 전원 스위치는 USB 포트의 옆면에 배치하되, 로봇의 형태에 맞춰 배치하도록 한다. 바퀴는 지면에서 2.5mm 정도 나오도록 하며, 이는 볼 캐스터가 2mm 나오므로 볼 캐스터보다 조금 더 튀어나오도록 하기 위함이다. 바퀴는 고무링을 포함하여 지름이 약 50mm로 제작한다. 앞면과 뒷면의 PCB보드를 제작한 모습은 (Fig 3)과 같다.



(Fig 3) Front and Back side PCB production

컬러 센서는 라인코딩에 사용되어야 하므로 로봇 밑면에서 최대한 앞쪽에 배치하였고, 볼 캐스터는 로봇 밑면의 아래쪽에만 배치하였다. 볼캐스터의 크기는 약 3mm로 한다. 이렇게 상판 및 하판, 앞면과 뒷면 PCB보드 제작을 함으로써 센서와 버튼, LED등을 통해 장애물을 인식하고 방향을 전환하는 활동, 밝기에 따라 불을 켜거나 끄는 활동, 색깔에 따라 다른 행동을 하는 활동 등이 모두 가능하도록 제작하였다.

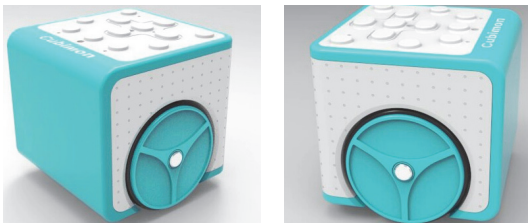
4. 완성된 로봇의 기능 및 사용 방법

4.1 로봇의 기능 및 특징

개발된 로봇의 기능 및 특징을 정리하면 다음과 같

다. 첫째, 컴퓨터가 필요 없이 조작이 쉬운 버튼을 이용해 언플러그드 활동이 가능한 로봇을 제작하였다. 이 로봇은 문제해결을 위한 알고리즘을 설계하고 상판의 9개 버튼을 활용해 손쉽게 제어될 수 있으며 이를 통해 다양한 언플러그드 프로그래밍이 가능하다. 특히 코드가 길어지는 경우에 본 로봇과 함께 활용할 수 있는 코딩 카드를 함께 제작하였으며 이를 활용해 학습자의 알고리즘 설계에 도움을 줄 수 있다.

둘째, 컬러, 근접, 조도 센서 역시 버튼으로 제어하여 다양한 문제를 만들어내고 이를 해결함으로써 창의적 문제해결력을 신장시킬 수 있다. 컬러 센서를 활용하여 빨강, 초록, 파랑의 세 가지 색에 닿았을 때 로봇의 움직임을 구현할 수 있다. 3개의 근접센서를 활용하여 책상 위 난간 등에서 로봇이 떨어지는 것을 막을 수 있으며 해당 센서를 이용한 프로그래밍 활동도 가능하다. 또한 밝기 센서로 조도를 감지하여 LED를 켜거나 끄고, 로봇을 멈추거나 움직이는 등의 활동 역시 가능하다.



(Fig 4) 3D render image

셋째, 4가지 각기 다른 모드의 라인 코딩으로 다양한 상황과 문제를 만들어 문제를 해결하는 경험이 가능하다. 검은색 라인만 따라가거나 검은색 라인을 따라가다 장애물을 감지했을 때 다른 행동을 하거나 특정한 명령이 삽입된 8가지 색깔을 각기 만났을 때 다른 행동을 하거나 검은색 라인을 따라가다 밝기에 따라 다른 행동을 수행하는 등 라인 코딩을 통해 다양한 문제 상황을 연출할 수 있다.

4.2 로봇의 사용 방법

본 로봇을 활용한 알고리즘 설계 및 버튼 프로그래밍 방법은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Algorithm Design Method

Algorithm Design Method		
Basic Move-ment	Algorithm	<Repeat change direction after moving> Front-Right-Rep-Play
	Button Program	
Color Sensor	Algorithm	<Change Direction when detected color> Front-Red-Right- Front-Rep-Play
	Button Program	
Illuminance sensor	Algorithm	<Change direction when detecting darkness> Front-Dark-Right- Right-Rep-Play
	Button Program	
Distance Sensor	Algorithm	<Change direction when detecting an object> Front-Distance-Right- Rep-Play
	Button Program	

기본 움직임은 화살표 버튼으로 수행된다. 목적지까지의 움직임대로 필요한 화살표 버튼을 누르고 실행 버튼을 누르거나 반복되는 구간이 있는 경우 필요한 화살표 버튼을 누른 뒤 반복 버튼을 누르고 실행 버튼을 누른다.

근접센서를 활용하기를 원하는 경우 근접센서 버튼을 누르면 센서가 활성화되면서 전방에 있는 장애물을 감지한다. 장애물을 감지했을 때 방향을 바꾸거나 뒤로 이동하도록 필요한 버튼을 누르면 실행된다. 밝기 센서 또한 마찬가지로 밝기 센서 버튼을 누르면 활성화되고, 밝기 변화를 감지한 경우 방향을 바꾸거나 뒤로 이동하는 등의 움직임으로 제어할 수 있다.

컬러 센서의 경우 총 3가지 색깔을 각각 인식했을 때 다른 행동을 하도록 프로그래밍할 수 있다. 컬러 센서 버튼을 한 번 누르면 빨간색을 만났을 때의 행동을, 컬러 센서 버튼을 두 번 누르면 녹색을 만났을 때의 행동을, 컬러 센서 버튼을 세 번 누르면 파란색을 만났을 때의 행동을 각각 지정한다.

모드를 변경하면 기존의 버튼 코딩이 아닌 라인 코딩으로 바뀌어 다양한 활동 역시 가능하다. 라인 코딩의 경우 총 4가지 방법으로 활용 가능한데, 첫 번째는 검은

색 라인만을 따라가도록 할 수 있고, 두 번째는 검은색 라인을 따라가다가 장애물을 감지하면 제자리에서 몸을 흔들거나 반대 방향으로 회전하며 이동하도록 할 수 있다. 세 번째는 검은색 라인을 따라가다가 8가지 색깔을 활용해 방향, 속도, 불빛 등을 바꾸도록 할 수 있다. 예를 들어 주황색을 만나면 노래하고, 초록색을 만나면 3초간 천천히 앞으로 이동한다. 네 번째는 검은색 라인을 따라가다가 주변이 어두워지면 천천히 이동하고, 밝아지면 왼쪽으로 방향을 바꿔 검은색 라인을 이탈한다.

5. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서 개발된 언플러그드 활동 중심 로봇을 활용한 소프트웨어 교육의 효과성을 검증하기 위해 경기도 소재 OO초등학교 6학년 2개 학급 33명의 학생을 대상으로 연구를 진행하였으며 참여한 연구대상은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Subject of Research

division	subject of research		N
	M	F	
EG	9	8	17
CG	13	3	16

먼저 실험반(EG)과 통제반(CG)의 동질성 검증을 위해 창의적 문제해결력 사전 검사를 실시하였다. 이후 실험반 학생을 대상으로 개발된 로봇을 투입하여 총 9차시의 소프트웨어 수업을 실시하였고, 통제반 학생을 대상으로는 기존의 일반적인 방법으로 총 9차시의 소프트웨어 수업을 실시하였다. 그리고 이들을 대상으로 창의적 문제해결력 사후 검사를 실시하여 집단간 창의적 문제해결력에 유의미한 차이가 있는지 *t*-검증과 공분산분석을 통해 확

<Table 3> Research Design

division	pre-test	program	post-test
EG	O ₁	X ₁	O ₂
CG	O ₃	X ₂	O ₄

O₁ , O₃ : Pre-test(creative problem solving ability test)
 X₁ : SW education using unplugged robots
 X₂ : General SW education
 O₂ , O₄ : Post-test(creative problem solving ability test)

인하였다. 이와 관련한 실험설계는 <Table 3>과 같다.

6. 연구의 결과 및 분석

6.1 창의적 문제해결력 검사의 차이 검증

실험반과 통제반의 사전 창의적 문제해결력 검사를 통해 두 집단 간 유의미한 차이를 알아봄으로써 동질성 여부를 판단한 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Pre-test Result

pre-test	EG		CG		t
	M	SD	M	SD	
fluency	31.06	6.50	30.81	8.32	.10
flexibility	24.59	6.21	26.00	7.87	-.57
originality	6.76	4.09	6.50	4.23	.18
problem solving ability	49.82	10.89	52.13	3.12	-.57

t-검증 결과 창의적 문제해결력의 하위 요소인 유창성이 *t*=.10(*p*>.05), 융통성이 *t*=-.57(*p*>.05), 독창성이 *t*=.18(*p*>.05), 문제해결력이 *t*=-.57(*p*>.05)로 실험반과 통제반 간 유의미한 차이가 없었다. 즉 동질집단임을 알 수 있다.

두 집단의 사전, 사후 창의적 문제해결력 검사를 통해 본 연구에서 개발한 언플러그드 로봇의 효과를 알아보기 위해 두 집단간 평균과 표준편차를 알아본 결과는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Pre-test and Post-test Result

pre-test		pre-test		post-test	
		M	SD	M	SD
fluency	CG	30.81	8.32	42.81	9.59
	EG	31.06	6.50	45.41	8.95
flexibility	CG	26.00	7.87	33.00	7.72
	EG	24.59	6.21	36.29	7.41
originality	CG	6.50	19.69	8.31	5.08
	EG	6.76	4.09	11.88	3.31
problem solving ability	CG	52.13	3.12	66.50	13.03
	EG	49.82	10.89	71.76	10.53

사전 검사에서는 융통성과 문제해결력의 경우 통제반

이 실험반보다 더 높았으나 사후 검사에서는 실험반이 통제반보다 유창성, 융통성, 독창성, 문제해결력 모두 높게 나타났다. 하지만 사후검사 점수의 차이 유무가 사전에 존재했던 사전검사 점수의 영향에 의한 것인지를 알아야 하기 때문에 각각의 사전 점수를 공변인으로 통제하여 사후 유창성, 융통성, 독창성 및 문제해결력에 대해 공분산분석을 실시하였다. 먼저 유창성에 대한 공분산분석 결과는 <Table 6>과 같다.

<Table 6> Covariance analysis of Fluency

division	SS	df	MS	F
Covariance	1269.83	1	1269.83	27.39***
effect	46.96	1	4.96	1.01
error	1390.72	30	46.36	
total	67045.00	33		

사전 유창성 검사 점수를 공변인으로 통제한 후 사후 유창성 검사 점수에 대해 분산분석을 실시한 결과, 주 효과는 $F=1.01$ 로 실험반과 통제반의 사후 유창성 검사에서 유의미한 차이를 보이지 않았다.

융통성에 대한 공분산분석 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Covariance analysis of Flexibility

division	SS	df	MS	F
Covariance	1012.31	1	1012.31	40.00***
effect	160.52	1	160.52	6.34*
error	759.22	30	25.31	
total	41589.00	33		

* $p<.05$.

사전 융통성 검사 점수를 공변인으로 통제한 후 사후 융통성 검사 점수에 대해 분산분석을 실시한 결과, 주 효과는 $F=6.34$ 로 실험반과 통제반의 사후 유창성 검사에서 유의미한 차이가 나타났다. 즉, 언플러그드 로봇을 활용한 소프트웨어 수업이 학습자의 융통성 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

다음으로 독창성에 대한 공분산분석 결과는 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Covariance analysis of Originality

division	SS	df	MS	F
Covariance	80.11	1	80.11	4.98***
effect	98.99	1	98.99	6.15*
error	483.10	30	16.10	
total	4069.00	33		

* $p<.05$.

사후 독창성 검사 점수에 대해 분산분석 결과, 주 효과는 $F=6.15$ 로 실험반과 통제반의 사후 독창성 검사에서 유의미한 차이가 나타났다. 즉, 언플러그드 로봇을 활용한 소프트웨어 수업이 학습자의 독창성 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

최종적으로 문제해결력에 대한 공분산분석 결과는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Covariance analysis of Problem solving ability

division	SS	df	MS	F
Covariance	2102.51	1	2102.51	28.41***
effect	386.98	1	386.98	5.23*
error	2220.550	30	74.012	
total	162632.00	33		

* $p<.05$.

<Table 9>의 내용과 같이 사전 문제해결력 검사 점수를 공변인으로 통제한 후 사후 문제해결력 검사 점수에 대해 분산분석 결과, 주 효과는 $F=5.23$ 로 실험반과 통제반의 사후 문제해결력 검사에서 유의미한 차이가 나타났다. 즉, 언플러그드 로봇을 활용한 소프트웨어 수업이 학습자의 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

7. 결론 및 제언

본 연구에서는 언플러그드 활동 중심 로봇을 개발하고, 이를 소프트웨어 수업에 적용함으로써 학습자들의 창의적 문제해결력 향상에 도움이 된다는 것을 확인하였다. 그 결과 일반적인 소프트웨어 수업을 실시한 통제반과 본 연구에서 개발된 언플러그드 활동 중심 로봇을

활용한 소프트웨어 수업을 실시한 실험반 사이에 창의적 문제해결력에 통계적으로 유의미한 차이가 발생하였다. 특히 창의적 문제해결력의 하위 요소인 유창성, 융통성, 독창성, 문제해결력에 대하여 공분산분석을 실시한 결과 유창성을 제외한 나머지 하위 영역에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

이는 본 연구에서 개발된 언플러그드 활동 중심 로봇을 활용하여 버튼 제어를 통한 다양한 문제해결 학습 활동이 가능하며, 이를 통해 학생들이 문제해결력을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 로봇을 움직이기 위해 순서대로 버튼을 눌러야 하는 과정, 반복 버튼을 활용해 효율적으로 명령을 내리는 과정, 근접, 컬러, 밝기 센서를 활용해 명령을 내리는 각 과정에서 2015 개정 교육과정에서 성취기준으로 제시하고 있는 초등학교에서 반드시 배워야 할 순차, 선택, 반복 구조를 효율적으로 학습할 수 있음을 증명하였다. 뿐 아니라 각각의 센서 또는 각 센서들의 결합, LED, 부저음 등을 활용해 다양한 문제를 만들어내고 이를 해결하는 과정 속에서 학습자들의 창의적 문제해결력 요소들의 신장에 영향을 주었다.

이러한 결과를 통해 로봇을 통해 컴퓨팅 환경 없이도 센서 버튼을 활용해 물리적 세계와 상호작용할 수 있는 프로그래밍 교육이 가능함을 알 수 있고, 이는 컴퓨팅 환경을 구성하기 어려운 학습 환경에 있거나 코딩에 어려움을 겪는 학습자들에게 성공적인 소프트웨어 교육 경험을 제공해 줄 수 있다. 특히 이러한 가능성은 각 학교 현장마다 다른 PC환경, 스마트 기기 보유 현황의 차이, 특정 언어에 귀속될 경우 수업의 어려움 등을 고려할 때 전혀 이런 환경적 요인에 영향을 받지 않으므로 로봇을 활용한 소프트웨어 교육 일반화 가능성을 충분히 높여줄 수 있다.

본 연구에서는 버튼, 센서 등을 활용한 언플러그드 활동에 특화된 로봇을 개발하고자 노력하였다. 그럼에도 불구하고 문헌 및 연구대상 표집이 제한적이었으므로 본 연구 결과에 대한 제한적 해석이 요구되며, 이 연구를 토대로 앞으로 이루어질 다양한 후속 연구에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 언플러그드 로봇을 활용한 소프트웨어 교육이 학생들의 창의적 문제해결력 신장에 미치는 효과를 일반화하기 위해서는 다양한 지역의 학생들을 대상으로 적용해 볼 필요가 있다. 이를 위해 보다 체계적이고 본

로봇의 특징과 장점을 잘 살린 교육 프로그램 개발이 필요하다.

둘째, 본 연구에서 개발한 프로토타입 형태의 로봇으로 수업에 적용한 결과 코드가 길어질 경우 버튼을 여러 번 눌러야 하므로 코딩 카드를 함께 활용하더라도 기억하기 힘든 점 등 학생들의 반응에서 부정적인 부분이나 개선이 필요한 부분에 대한 추가적인 연구와 보완을 통해 로봇의 완성도를 높일 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Han, Seonkwan (2017). Play-based SW Education Teaching Learning Strategy to Improve Computational Thinking, *Journal of The Korean Association of Information Education Vol. 21*, No 6, December 2017.657-664.
- [2] Ministry of Education (2017). *Leading Teacher Training Materials for Software Education*.
- [3] Hwang, Jun-young et al, (2016). *Status analysis on unplugged activities in information education*. Thesis collection of e-Learning conference.
- [4] Koo, Young-Eun (2015). *Analyzing Effectiveness of Unplugged Educational Infrastructure Based on Play Learning for Lower Grade Elementary School*, master's thesis at Gyeongin National University of Education.
- [5] Jeong, Min-kyung (2017). *Effects of STEAM activities using unplugged computing on children's creativity and problem-solving ability*. Graduate School of Industrial Welfare, Gyeongnam National University of Science and Technology: August 2017
- [6] Seo, Young-min et al. (2013). Necessity of Integrated Approach of Robot Programming Education in Elementary School. *Integrated Curriculum Study Vol 7*, No.1.
- [7] Jeon, Younguk et al. (2018). The Effect of Unplugged Cooperative Learning Activities of the Cooperating Study Methods on the Improvement of Computational Thinking in the upper grades

Elementary Students. *The Korean Association of Information Education Research Journal*, 9(1), 85-90.

- [8] Hong, Jiyeon, Kim, Yungsik(2019). The Korean Association of Computer Education, *Journal of the Summer Conference Vol. 23*, No. 2.
- [9] Lee, Yeon-seung (2017). Development and Effect of Mathematical Problem Solving Ability Improvement Program Using Bee-Bot of coding robot. *Journal of the Korea Society for Children's Media Vol. 16*, No 3, 2017. 261-281.
- [10] Lee, Tae-heung(2017). *Unplugged Robot for yut, the Four Stick Game.*
- [11] Kim, Don-jung (2016). *Difference of Robot-Based Programming Learning Effect by Area and Sex in Elementary School Career Classroom Environment.* Konkuk University Graduate School: Education Engineering, August 2016.
- [12] Jun, Soojin (2018). Effect of SW Training using Robot Based on Card Coding on Learning Motivation and Attitude. *Journal of The Korean Association of Information Education Vol. 22*, No 4, August 2018. 47-455.
- [13] Kim, Jeongrang (2018). A study on systematic review of unplugged activity, *Journal of The Korean Association of Information Education Vol. 22*, No 1, February 2018. 103-111.



김 영 식

1982. 서울대학교 전기공학과(공학사)
 1987. 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학사(공학석사)
 1993. 노스캐롤라이나주립대학교 전기 및 컴퓨터공학(공학박사)
 1993~1994 한국전자통신연구소 선임연구원
 1995~1996 한국전자통신연구소 위촉연구원
 1996~1998 한국전자통신연구소 초빙연구원
 1994~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
 관심분야: 컴퓨터교육, 프로그래밍교육, 피지컬 컴퓨팅, e-learning
 E-mail: kimys.ac.kr

저자 소개



홍 지 연

2015. 서울교육대학교대학원(석사)
 2016~한국교원대학교대학원 재학
 관심분야 : 컴퓨터교육, SW교육, 프로그래밍, 피지컬컴퓨팅, 융합교육, 인공지능
 E-mail : rosini82@hanmail.net