

Validation of the Unplugged Robot Education System Capable of Computerless Coding Education

Jeong-Beom Song *, Tae-Wuk Lee **

Abstract

In traditional programming education, computers were used as the main tool. Consequently, it was problematic to provide education in an environment without computers or for learners without computer skills. To address this problem, this study developed and validated an unplugged robot education system capable of computerless programming education. The key feature of the proposed system is that programming can be done only by connecting programming blocks in symbols of a flow chart with built-in commands. Validation of the system was performed by a specialist group. Validity was very high with values of content validity ratio (CVR) over 0.7 in all evaluation criteria except "Ease of error debugging" and "Linkages to educational curriculum," whose CVR values were each 0.6. Future directions include improvement in the two areas that scored lower than the others did by, respectively, system improvement to support debugging in error conditions that may occur during the programming process, and development of user guide to support linkages to educational curriculum. ¹⁾

▶ Keyword : Robot-Education, Unplugged Robot-Education system

• First Author, Corresponding Author : Jeong-Beom Song, Co-author : Tae-Wuk Lee

*Jeong-Beom Song(edusarang@gmail.com), Naepo Elementary School)

**Tae-Wuk Lee(twlee@knue.ac.kr), Dept. of Computer Education, Korea National University of Education

• Received: 2015. 4. 29, Revised: 2015. 5. 10, Accepted: 2015. 6. 12.

• This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2012S1A5A2A01020639)

I. Introduction

기존 'ICT'교과를 '컴퓨팅'교과로 정규교육과정 개정을 하고 2014년 2학기부터 운영하고 있다. 소프트웨어 활용교육 중심이었던 'ICT'교과를 소프트웨어 작동 원리와 제작 중심의 심화학습을 제공하는 '컴퓨팅' 교과로 전환한 것이다[1]. 한편 우리나라에서는 2015년부터 중학교 학생부터 SW교육을 의무화하기로 하였으며, 초등학교급에서는 실과교육과정에 반영을 하는 것으로 의견이 수렴되었다[2]. SW교육은 학습자들이 소프트웨어의 소비자에서 벗어나 프로그램을 직접 개발하는 경험을 제공하는 것으로 코딩교육과 그 맥을 같이 하고 있다. 물론 SW교육 또는 코딩교육이 교육적 화두가 되기 전부터 현재까지 다양한 연구가 수행되어 왔다. 교육용 프로그래밍 언어를 활용한 연구, 교육용 로봇을 활용한 연구, 컴퓨터 없이 체험을 중심으로 한 언플러그드 프로젝트가 그 대표적인 예이다.

이중 교육용 프로그래밍 언어와 교육용 로봇을 활용한 코딩교육은 프로그래밍 과정에서 컴퓨터를 사용해야 한다. 따라서 컴퓨터가 있어야 하는 환경적인 제한이 있으며, 초등학교 저학년과 같이 컴퓨터의 기본적인 소양이 없는 학생에게는 적용이 어렵다는 대상의 제한이 있을 수 있다[3]. 또한 교수자나 학생 모두 프로그래밍을 하기 위해서 일정기간 해당 학습의 시간이 필요하다는 제한도 있을 수 있다[3]. 더욱이 최근 코딩교육은 알고리즘을 설계하고 이를 코딩하여 테스트해보는 일련의 과정을 중시하고 있다. 하지만 기존 교육용 로봇을 활용하여 코딩교육을 하기 위해서는 동작 시킬 로봇을 제작하는 시간도 별도로 들기 때문에 많은 시간을 코딩교육에 집중하지 못하는 실정이다.

한편 팀벨의 언플러그드 프로젝트는 컴퓨터과학의 원리를 컴퓨터 없이 학습하는 방법이다[4]. 이는 컴퓨터가 없는 환경에서 컴퓨터과학의 정보의 표현, 알고리즘, 절차표현 및 작동원리의 내용 영역을 이해하고 적용할 수 있다는데 장점이 있다. 그러나 언플러그드 프로젝트는 문제해결의 과정을 경험하기 보다는 컴퓨터과학의 이론적인 부분을 체험과 놀이를 중심으로 이해하고 적용하는 것에 목적을 두고 있는 편이다. 최근의 언플러그드 프로젝트에서 세컨드 라이프 소프트웨어를 활용하는 추세인 것도 이와 같은 맥락이다[5].

이 연구에서는 컴퓨터 없이 코딩교육이 가능하고, 컴퓨터과학의 내용을 이해하고 적용하는데 머무르지 않고 문제를 해결하는 과정을 직접 체험할 수 있는 로봇교육 시스템을 개발하였다. 그리고 이 시스템을 언플러그드 로봇교육 시스템으로 명명하고 이 시스템의 대표적인 특징인 프로그래밍 명령어가 포함된 프로그래밍 블록의 세부 기능을 소개하고자 한다. 마지막으로 이 시스템의 타당성을 검증하기 위해 학습성, 효과성, 사용성, 학습동기, 활용도, 초·중등학생 적합성, 초중등 교육과정과의 연계성 측면을 전문가 집단에게 의뢰하여 타당성을 검증하고 그 결과를 제시하고자 한다.

II. Related research

1. Programming education in korea and other countries

최근 국내·외 프로그래밍교육은 교육용 프로그래밍 언어를 활용한 연구가 다수이다. 교육용 프로그래밍 언어는 기존 스크립트 방식의 프로그래밍 언어를 활용한 교육의 대안으로 학교 현장에서 많이 활용되고 있다. 또한 최근 국내 SW교육의 일환으로 조명을 받고 있다. 교육용 프로그래밍 언어의 종류에는 두리틀, 엘리스, 스크래치 등이 있으며, 학생들에게 익숙한 그래픽 인터페이스를 제공하고 있다. 또한 명령어를 직접 타이핑을 치는 것이 아니라 명령어 블록을 드래그 앤 드롭 방식으로 프로그래밍 한다. 기존 연구에 의하면 교육용 프로그래밍 언어를 활용한 교육은 기존 스크립트 방식의 언어에 비해 문법적 오류를 줄여줄 수 있으며, 문제를 해결하는 과정에 더욱 많은 시간을 할애할 수 있다는 것이 장점으로 소개하고 있다[6].

이에 반해 일부 교육용 프로그래밍 언어의 단점을 제시하고 있는 연구도 있다. 우선 단순한 스크립트 오류는 드래그 앤 드롭 방식의 프로그래밍으로 줄일 수 있으나, 고급 디버깅 기술이 제공되지 않아 에러를 처리하는데 문제점이 있다고 지적하고 있다[7]. 그리고 프로그래밍 방식이 간단하지만 일정 수준의 컴퓨터 조작능력이 필요하고 기본적인 사용법 숙달에 약간의 시간이 필요하며 컴퓨터 없이는 교육이 불가능하기 때문에 컴퓨터실로 이동해야 한다는 단점을 제시하는 연구도 있다[3].

2. Flowchart and programming

교육부가 2015년 2월에 발표한 소프트웨어교육 운영[8]에 따르면 초·중·고등학교 공통으로 알고리즘과 프로그래밍 영역이 개설되어 있으며, 이 시스템의 주 대상인 초·중등학교의 구체적인 내용은 다음 표 1과 같다.

Table 2. The Curriculum of Software Education(Algorithm and Programming)

영역	초등학교	중학교
알고리즘과 프로그래밍	문제 해결 과정의 체험 -문제의 이해와 구조화 -문제 해결 방법 탐색	정보의 유형과 구조화 -정보의 유형 -정보의 구조화* 컴퓨팅 사고의 이해 -문제 해결 절차의 이해 -문제 분석과 구조화 -문제 해결 전략의 탐색
	알고리즘의 체험 -알고리즘의 개념 -알고리즘의 체험	알고리즘의 이해 -알고리즘의 이해 -알고리즘의 설계
	프로그래밍 체험 -프로그래밍의 이해 -프로그래밍의 체험	프로그래밍의 이해 -프로그래밍 언어의 이해 -프로그래밍의 기초

알고리즘과 프로그래밍 영역은 문제해결의 과정을 알고리즘으로 설계하며 이를 프로그래밍으로 체험하고 확인하는 내용으

구성되어 있다. 알고리즘과 프로그래밍 영역의 구체적인 성취기준을 살펴보면 다음 표 2와 같다. 알고리즘 중영역 ‘알고리즘의 체험’의 성취 기준 중 ‘문제해결 절차를 그림이나 기호를 이용하여 표현’의 지도방법으로 순서도의 기호를 활용하여 교육할 수 있을 것이다.

Table 2. Achievement standard(Algorithm and Programming)

영역		내용 요소	성취 기준
알고리즘과 프로그래밍	문제해결과 의의	문제 의의와 구조화	제시된 문제를 이해할 수 있다. 제시된 문제를 단순화할 수 있다.
		문제 해결 방법 탐색	문제를 해결하기 위한 방법을 순서에 따라 설명할 수 있다. 제안한 문제 해결 방법의 문제점과 개선 방법에 대해 설명할 수 있다.
	알고리즘의 개념	알고리즘의 개념	알고리즘의 개념을 이해할 수 있다.
		알고리즘의 체험	순차, 선택, 반복구조를 이용하여 문제해결 절차를 그림이나 기호를 이용하여 표현할 수 있다. 간단한 알고리즘(정렬, 탐색)을 체험활동을 통하여 이해할 수 있다.
	프로그래밍의 이해	프로그래밍의 이해	프로그래밍 언어의 기본요소를 알 수 있다.
		프로그래밍의 체험	주어진 프로그램을 동일하게 만들 수 있다. 주어진 프로그램을 수정하여 자신만의 프로그램을 만들 수 있다. 내가 생각한 간단한 프로그램을 만들 수 있다.

이상의 내용을 살펴볼 때 실질적인 프로그래밍 교수학습 과정 전에 문제해결의 절차를 그림이나 기호, 즉 sudo코드와 순서도 등을 활용하여 표현하는 방법에 대하여 학습하고 이를 프로그래밍교육으로 확장 전개하고 있다. 프로그래밍교육은 순서도를 활용한 알고리즘의 설계와는 별도로 각각의 프로그래밍 언어의 문법과 규칙을 또다시 학습해야 하는 것이 사실이다. 따라서 sudo코드나 순서도를 활용한 알고리즘 학습에서 프로그래밍 교육으로 전이가 매끄럽지 못하게 된다. 또한 순서도를 활용한 알고리즘 학습 내용은 실생활 문제를 다루지만 프로그래밍 학습 내용은 특정 프로그래밍 언어의 특성을 살린 내용을 학습하게 되어 학습자에게 유의미한 관련성을 주기 어렵게다는 단점도 따른다.

3. Robot-Education in Korea and other countries

최근 SW교육 즉, 코딩교육을 중시하기 위해서 로봇의 제작 시간을 줄이고, 로봇의 알고리즘 중심으로 조금씩 전환되고 있다. 한편 이 연구와 유사한 사례로는 심재권 외 2인(2015)에 의해 발표된 LED 기반의 텐지블 프로그래밍 도구이다. LED 기반의 텐지블 프로그래밍 도구는 그림 1과 같이 LED를 부착된 명령 블록들로 구성되어 있다. 이러한 블록을 그림 2와 같이 연결하여 사각형 등의 도형을 그리는데 내용을 프로그래밍하여

그림 3과 같이 또 다른 블록에 사각형의 결과를 디스플레이 할 수 있는 형태이다. 이 연구의 결과로는 도구의 사용성에 대한 결과가 비교적 높게 나타났다고 밝히고 있다[9]. LED 기반의 텐지블 프로그래밍 도구는 기호 등으로 프로그래밍을 할 수 있고 그 결과를 LED 디스플레이를 통해 즉각적으로 확인할 수 있는 장점이 있다. 그러나 프로그래밍의 결과가 사각형 등의 도형 그리기에 한정되어 있다는 점은 제한점으로 판단된다.



Figure 1. LED-Based Programming Block



Figure 2. Programming Process



Figure 3. Verification of Programming Results





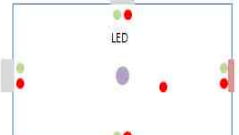
III. Unplugged Robot Education System




1. Types of Blocks

교육용 프로그래밍 언어의 경우 학습자가 프로그래밍 명령어를 스크립트로 작성하는 어려움을 해소하기 위해 스크립트의 명령어를 시각화하여 블록으로 만들어 제공하고 있다. 대표적으로 명령 블록을 사용하는 것이 스크래치이다. 이 연구에서의 블록은 프로그래밍 명령어를 담고 있는 것은 교육용 프로그래밍 언어의 경우와 공통점이지만 이 블록이 컴퓨터상의 소프트웨어로 제공되는 것이 아니라 외부적인 장치로 제공되어 이 블록을 직접 조립함으로써 프로그래밍을 하는 것을 의미한다. 블록의 모양은 순서도 학습에서 프로그래밍교육으로 전이가 빠르게 될 수 있도록 순서도 작성에 쓰이는 기호를 그대로 사용하여 그림 4부터 11과 같이 개발하였다. 그림 4는 순서도의 판단에 해당하는 모양을 형상화하여 블록을 만든 것이다. 판단블록은 센서를 위, 오른쪽, 왼쪽에 꽂을 수 있도록 하여 조건문을 만

수 있도록 하였다. 또한 판단블록에 꽂을 수 있는 센서는 장애물 감지 센서 외에도 소리 감지, 빛 감지, 저항 감지 등의 다양한 센서를 입력할 수 있도록 개발하였다. 처리블록은 모터의 방향과 회전, 속도를 정해주는 블록과 LED전구의 색과 점멸을 설정할 수 있는 총 4개의 블록 형태로 개발하였으며 그림 5부터 8까지와 같다. 또한 순서도에서 시작과 끝을 나타내는 기호를 형상화하여 그림 9와 10과 같은 블록을 개발하였으며, 프로그래밍과정에서 시작과 끝에 위치해야 한다. 마지막으로 그림 11 FND 스위치는 각 블록의 우측에 있어 각 명령 블록의 기능을 좀 더 다양하게 설정할 수 있다. 예를 들면 그림 6 블록의 우측 FND 스위치를 작동하여 회전, 각도를 선택할 수 있다.

Table 3. Types of Blocks

블록의 형태	기능 설명
 <p>Figure 4. Judgment-Sensor Input</p>	L:좌측센서 장애물 검출 시 동작 F:전방센서 장애물 검출 시 동작 r:우측센서 장애물 검출 시 동작 FND 우측의 스위치를 작동하여 L,F,r 선택 혹은 조합 가능 예) LF:좌측과 전방에 동시에 장애물 검출 시 동작
 <p>Figure 5. Processing-Direction Input</p>	FND 표시 F:전진 b:후진 FND 우측의 스위치를 작동하여 선택 가능
 <p>Figure 6. Processing-Rotation Selection</p>	Lxxx : xxx각도로 좌회전 rxxx : xxx각도로 우회전 FND 우측의 스위치를 작동하여 회전, 각도 선택 가능
 <p>Figure 7. Processing-Speed Setting</p>	x : 이동 속도 FND 우측의 스위치를 작동하여 0부터 9까지 속도 설정
 <p>Figure 8. Processing-LED Control</p>	3색(적색, 녹색, 청색) LED 3색 LED 옆의 스위치를 작동하여 7가지 모드(꺼짐, 적색, 켜짐, 적색 점멸, 녹색 켜짐, 녹색 점멸, 청색 켜짐, 청색 점멸) 중에서 한 가지를 설정할 수 있음

 <p>Figure 9. Beginning Block</p>	명령어의 시작
 <p>Figure 10. Stop Block</p>	명령어의 종료
 <p>Figure 11. Flexible Numeric Display</p>	각 블록의 우측에 있어 각 명령 블록의 기능을 좀 더 다양하게 설정할 수 있음

2. Actual Block

이 연구에서 개발한 시작, 정지블록, 센서입력, LED제어, 방향, 속도, 각도제어 블록의 실제 모습은 다음 그림 12와 같다.

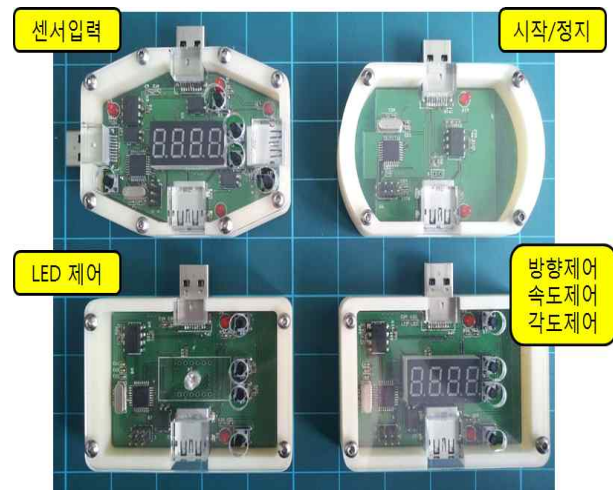


Figure 12. Actual Block

3. A detailed description of each block

각 블록의 형태와 세부 기능을 소개하면 다음과 같다.

3.1 시작과 정지 프로그래밍 블록

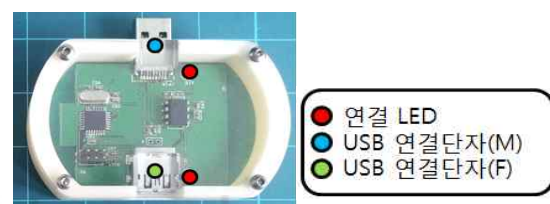


Figure 13. Beginning and Stop Programming Block

블록의 M타입 연결단자에는 로봇과의 통신을 위한 USB 3.0 케이블이 연결된다. 시작/정지 블록의 연결 LED는 별도의 조작이 없어도 항상 ON 상태를 유지한다. 정지 블록은 아래쪽에 USB 연결단자와 연결 LED가 존재하지 않는다.

3.2 센서입력 프로그래밍 블록

측면의 USB 연결단자는 같은 타입의 센서입력 블록만 연결할 수 있도록 하였다. 블록을 연결 하고 전원을 인가 한 후 연결 스위치를 눌러줘야 정상적으로 블록간 485 통신이 가능해진다. 명령전환 버튼을 통해 센서 입력 세팅이 가능하다. 전(F), 후(b), 좌(L), 우(r) 설정이 가능하며 2개 이상의 센서를 동시에 설정할 수도 있다.

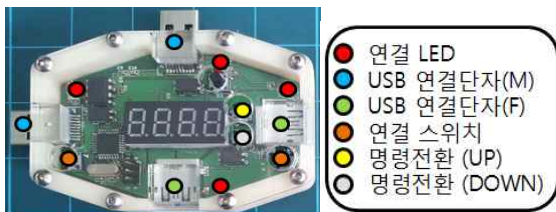


Figure 14. Sensor Input Programming Block

3.3 LED제어 명령 블록

블록을 연결 하고 전원을 인가 한 후 연결 스위치를 눌러줘야 정상적으로 블록간 485 통신이 가능해진다. 명령전환 버튼을 통해 LED 모드 세팅이 가능하다. 적색, 적색(점멸), 녹색, 녹색(점멸), 청색, 청색(점멸)의 총 6가지 모드를 설정할 수 있다.

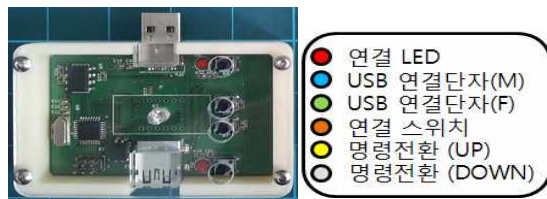


Figure 15. LED Control Programming Block

3.4 방향, 속도, 각도제어 프로그래밍 블록

블록을 연결 하고 전원을 인가 한 후 연결 스위치를 눌러줘야 정상적으로 블록간 485 통신이 가능해진다. 블록의 형태는 같으나 블록은 총 3종류의 기능을 가진다. 명령전환 버튼을 통해 방향, 속도, 각도 제어가 가능하다.

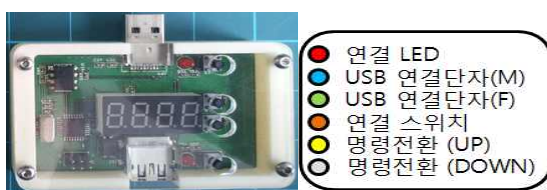


Figure 16. Direction, Speed, and Angle Control Programming Block

Table 4. Settings by Block

블록	세부 설정
방향	F(전진), b(후진) S(정지)
속도	0~9까지 주행속도 설정 가능
각도	r030~r360(오른쪽으로 30~360도 회전), L030~L360(왼쪽으로 30~360도 회전)

3.4 언플러그드 블록의 조합

3.4.1 동작 시나리오 및 조합의 예

이 연구에서 개발한 명령 블록의 동작 시나리오와 이를 조합하는 예를 살펴보면 다음 표5와 그림 17과 같다[3].

Table 5. Operational Scenario

로봇은 초기 동작이 시작되면 적색 LED를 켜고 9의 속도로 전진을 시작한다 (구간 1)
 초기 동작, 혹은 다른 동작 중에 전방 포토센서에 신호가 들어오면 로봇은 오른쪽으로 120도 방향을 꺾은 뒤 녹색 LED를 켜고 4의 속도로 후진한다. 초기 동작, 혹은 다른 동작 중에 후방 포토센서에 신호가 들어오면 로봇은 왼쪽으로 90도 방향을 꺾은 뒤 적색 LED를 켜고 속도를 8로 변경한 후 정지한다. 초기 동작, 혹은 다른 동작 중에 우측 포토센서에 신호가 들어오면 로봇은 오른쪽으로 360도 회전한 후 뒤 청색 LED를 켜고 속도를 6으로 변경 하고 정지하며 이후 동작을 완전히 종료하고 로봇을 대기상태로 변경한다.

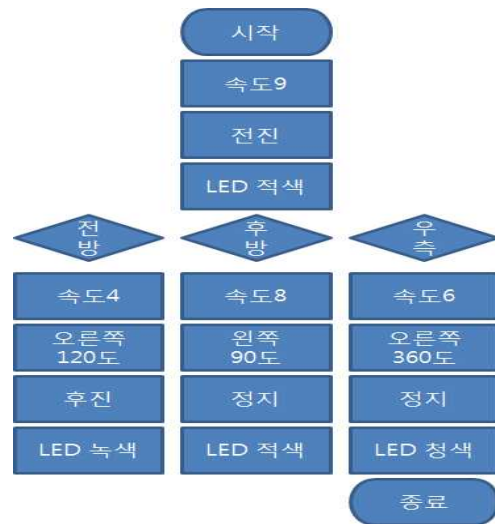


Figure 17. Example of Command Block Combination

3.4.2 블록의 조합의 실제

위 표 5와 그림 17를 토대로 명령 블록을 실제 조합한 것은 다음 그림 18과 같다. 그림 18과 같이 명령 블록을 조합하여 일련의 로봇 동작을 위한 프로그램을 작성하였으면 그림 19와 같이 이동 로봇에 전송하여 테스트할 수 있다. 전송할 때는 이

전원을 켜 후 USB 3.0 케이블을 이용하여 시작 블록과 이동로봇을 연결하면 블록에 전원이 인가된다. 또한 원하는 동작을 만들기 위해 새롭게 블록을 조합할 수도 있는데 각 블록의 전력의 소모량은 그리 크지 않아 그림 18보다 많은 블록을 연결시에도 문제는 전원과 관련한 문제는 발생하지 않았다.

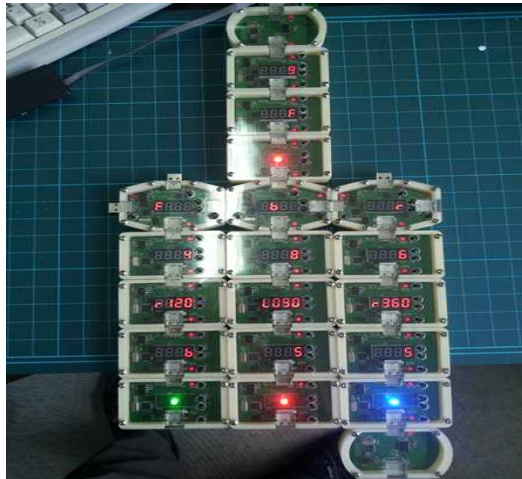


Figure 18. Actual Command Block Combination

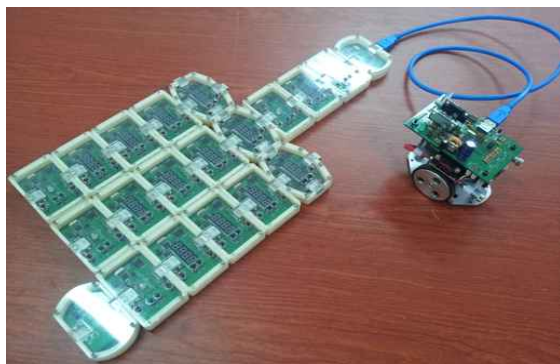


Figure 19. Transmission Process

3.5 이동로봇 본체

이 연구는 컴퓨터 없이 프로그래밍이 가능한 언플러그드 프로그래밍 명령 블록의 개발이 목적이다. 따라서 이동로봇의 본체는 다양한 형태로 개발이 가능하지만 가장 기본적인 형태인 자동차 형태로 개발하였으며, 전원제공은 건전지를 사용하였다. 이동로봇을 좀 더 자세히 살펴보면 좌측면에서 바라보면 그림 20과 같으며, 우측면에서 바라보면 그림 21과 같으며, 위에서 바라보았을 땐 그림 22와 같다.

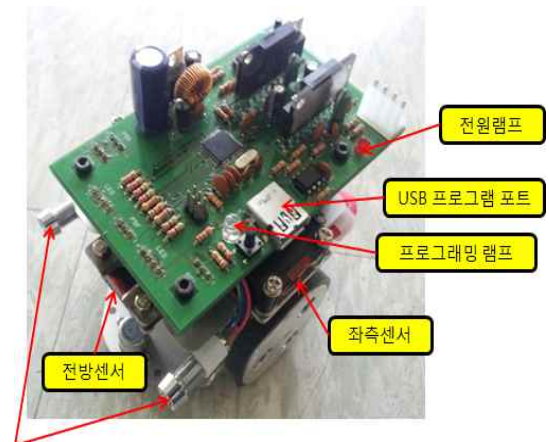


Figure 20. Moving Robot Main Body (left)

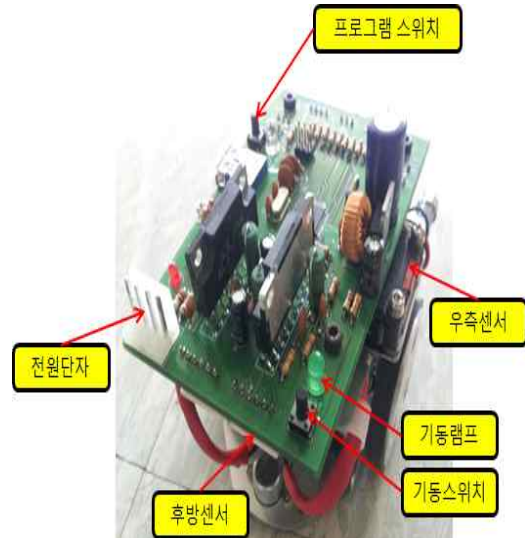


Figure 21. Moving Robot Main Body (right)

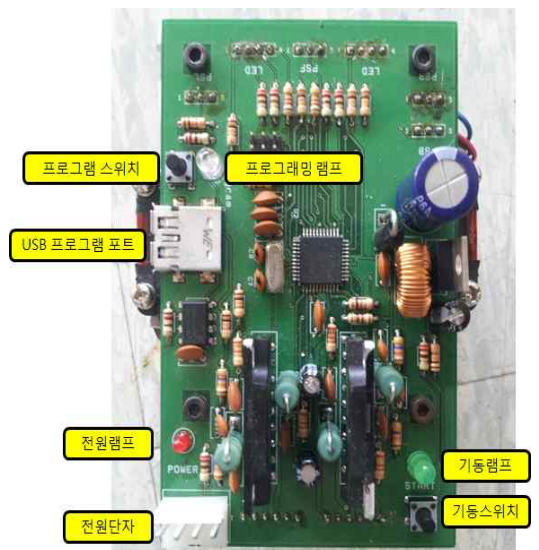


Figure 22. Moving Robot Main Body (top)

IV. Validation

1. Evaluation procedures of Validation

없이 코딩교육이 가능한 언플러그드 로봇 시스템의 교육적 타당성을 검증하기 위해 전문가 집단에 의뢰하였다. 전문가 집단의 구성은 컴퓨터교육 관련 박사학위 소지자 5명, 석사학위 소지자 10명으로 총 15명이다. 이 중 초등학교 교사 6명, 중학교 정보교과 교사 7명, 대학교에서 컴퓨터교육 관련 강의를 담당하는 강사 2명으로 구성되어 있다. 평가의 기간은 2015년 2월 5일부터 2월 15일까지 설정하였다. 평가를 위해 각 전문가들에게 유선연락 후 이메일로 개발된 로봇시스템의 설명서와 로봇의 조작 및 동작 관련 동영상 2종, 타당성 검증도구를 제공하였다. 또한 관련 동영상만으로 타당성을 평가하기 어려운 항목에 대해서는 연구자에게 질의하도록 하였으며, 연구자는 추가 자료를 제공하여 객관적인 평가를 지원하였다.

Table 6. List of Specialists

구분	직	연령대	로봇지도 경력	학력
A	초등교사	40	동아리 활동	박사
B	초등교사	30	정보영재교사	석사
C	초등교사	30	동아리 활동	석사
D	초등교사	30	정보영재교사	석사
E	초등교사	30	교과(STEAM)	박사
F	초등교사	30	동아리 활동	석사
G	중등교사	30	교과(정보)	석사
H	중등교사	30	교과(정보)	박사
I	중등교사	30	교과(정보)	석사
J	중등교사	30	교과(정보)	석사
K	중등교사	30	동아리 활동	석사
L	중등교사	30	교과(정보)	석사
M	중등교사	30	교과(정보)	석사
N	교수	40	대학강의 등	박사
O	교수	40	대학강의 등	박사

2. Validation Tools

평가 도구는 크게 학습성, 효과성, 학습동기, 사용성으로 평가 도구는 ISO/TEC 25010:2011과 ISO 9241-11:1998에서 Usability 항목 중 Understandability, Learnability, Operability, Attractiveness, Usability Compliance를 참고하여 이 연구에 부합하게 수정하였다[10]. 학습성과 효과성 김지민 외 2인(2011)에 의해 개발된 교육용 프로그래밍 언어 사용성 평가 도구의 학습성, 효과성 중 일부 문항을 수정하여 사용하였다[11]. 그리고 학습동기 부분은 하위 항목으로 만족감, 주의집중, 자신감으로 설정하여 자체 개발하였다.

또한 이 연구에서 개발한 시스템은 교육 현장에 투입하는 것

이 목적이기 때문에 이를 검증하기 위해 학교 현장 활용도, 초·중등학생 적합성, 초·중등 교육과정과의 연계성을 추가하였다. 모든 설문문항은 리커트 척도 5단계 척도로 구성하였으며, 총 문항으로 구성되었다. 또한 자유기술식 의견을 쓸 수 있도록 하여 전문가 집단의 의견을 수렴할 수 있도록 구성하여 시스템의 수정 보완을 도모하고자 하였다.

Table 7. Specific Items of Validation Tool

평가항목	평가기준
학습성	· 초기 이해수준
	· 사용 후 이해수준
	· 프로그래밍 블록 이해 용이성
효과성	· 프로그래밍 과정의 직관성
	· 프로그래밍 블록 인터페이스
	· 문제해결의 효과성
학습동기	· 사용자의 의도와 동작의 일치성
	· 오류 디버깅의 용이성
	· 만족감
사용성	· 주의집중
	· 자신감
	· 사용방법의 편리성
	· 문제해결 과정시 사용 용이성
	· 사용방법 기억의 용이성
	· 프로그래밍 블록의 사용의 재미
교육현장 적용	· 프로그래밍 활동의 흥미
	· 결과확인 용이성
	· 활용도
	· 적합성
	· 연계성

3. Analytical method of Validation

타당성 평가 결과 분석을 위해서 Lawshe(1975)의 내용타당도 비율(Content Validity Ratio: CVR) 계산 공식[12]을 따르고자 한다. 내용타당도 비율은 특정 문항이 내용을 잘 또는 적절하게 측정한다고 응답한 비율을 선형적으로 변화시킨 값을 의미한다. 다음 표 8은 Lawshe의 내용타당도 비율을 구하는 공식을 표현한 것이며, 이 연구에서는 리커트 척도의 '대체로 그렇다'와 '매우 그렇다'에 해당하는 4점과 5점에 해당하는 응답자의 빈도수를 Ne로 간주하여 분석하였다. 타당도 검증의 기준은 기존 연구에서는 CVR값이 0.6미만이 경우 타당도가 낮다고 판단하였지만[12] 이 연구에서는 CVR값이 0.7미만이 경우 타당도가 낮다고 판단하였다.

Table 8. Formula for Content Validity Ratio

$$VR = \frac{Ne - N/2}{N/2}$$

Ne : 특정문항이 내용을 잘 측정한다고 응답한 수
N : 전체 응답자수

4. Results of Validation

연구에서 개발한 언플러그드 로봇교육 시스템에 대한 타당성 검사결과를 평균, SD, CVR값으로 분석한 결과를 살펴보면 다음 표 9와 같다. 학습성, 학습동기, 사용성의 경우 각 세부 평가기준별 CVR값이 0.7이상으로 매우 타당하다는 결과를 얻을 수 있었다. 다만 효과성 항목의 세부 평가기준 중 ‘오류 디버깅의 용이성’의 경우 CVR값이 0.6으로 기존 연구의 경우에는 비교적 타당한 결과이지만 이 연구에서 설정한 기준인 0.7 보다는 낮아 타당도가 미흡하게 나타났다. 또한 교육현장 적용 항목의 세부 평가기준 중 ‘교육과정 연계성’의 경우도 CVR값이 0.6으로 타당도가 낮게 나타났다.

Table 9. Results of Validation

평가항목	평가기준	평균	SD	CVR	결과
학습성	초기 이해수준	4.4	0.71	0.73	높음
	사용 후 이해수준	4.7	0.6	0.87	높음
	프로그래밍 블록 이해 용이성	4.6	0.61	0.87	높음
효과성	프로그래밍 과정의 직관성	4.4	0.61	0.87	높음
	프로그래밍 블록 인터페이스	4.3	0.7	0.73	높음
	문제해결의 효과성	4.27	0.85	0.73	높음
학습동기	사용자의 의도와 동작의 일치성	4.4	0.71	0.73	높음
	오류 디버깅의 용이성	4.2	0.75	0.6	미흡
	만족감	4.67	0.6	0.87	높음
사용성	주의집중	4.73	0.57	0.87	높음
	자신감	4.67	0.6	0.87	높음
	사용방법의 편리성	4.47	0.72	0.73	높음
	문제해결 시 사용 용이성	4.6	0.61	0.87	높음
	사용방법 기억의 용이성	4.67	0.7	0.73	높음
교육현장 적용	프로그래밍 블록의 사용의 재미	4.8	0.54	0.87	높음
	프로그래밍 활동의 흥미	4.73	0.57	0.87	높음
	결과확인 용이성	4.53	0.62	0.87	높음
	학교에서의 활용도	4.6	0.71	0.73	높음
교육과정 적용	초·중등 학생 적합성	4.67	0.6	0.87	높음
	교육과정 연계성	4.13	0.89	0.6	미흡

4.1 전문가들의 자유기술식 의견

전문가의 자유기술식 의견을 수렴하였으며, 전문가의 의견은 표 10과 같다. 다수의 의견이 컴퓨터와 연결없이 프로그래밍 블록으로 로봇교육이 가능한 점을 가장 큰 장점이라고 했다. 또한 프로그래밍 블록의 형태가 순서도와 동일하며 직관적이어서 학생들의 이해도를 높이고 프로그래밍 교수·학습의 효율을 높일 수 있을 것이다 라는 의견을 주었다. 한편 타당성 검증결과에서 ‘교육과정과의 연계성’ 부분의 CVR값이 0.6으로 다른 평가기준에 비해 비교적 낮게 나타난 결과에 대한 이유를 전문가 A의 의견에서 찾을 수 있었다. 전문가 A의 의견을 살펴보면 이 연구에서 개발한 시스템이 고차원적 사고력 증진에 효율적일 것이라는 것에는 이견이 없었다. 그러나 이 시스템을 활용하여 일반화 할 수 있는 교육과정 또는 교육 내용이 교사·학생에게

제공되어야 한다는 의견을 주었다.

Table 10. Specialists' Opinions

전문가 A	프로그래밍 교육과 문제해결력 등의 사고력 증진에 적합하여 보이나, 교사와 학생들이 활용할 수 있는 구체적인 교육과정, 프로그램 등의 가이드라인 개발이 필수적이다.
전문가 B	프로그래밍 블록의 모양이 순서도와 같아 프로그래밍 학습의 전이 효과가 높을 것을 생각된다.
전문가 C	유아나 초등학교 저학년이 사용할 수 있도록 명령 블록의 인터페이스와 편의성에 보완을 한다면 더욱 좋겠다.
전문가 D	프로그래밍 블록의 인터페이스가 직관적이어서 학생들이 이해하기 쉬울 것으로 생각된다.
전문가 E	컴퓨터 연결 없이 블록을 쌓듯 자신의 알고리즘을 작성하고 로봇에 적용할 수 있어 다양한 대상과 환경에서 활용할 수 있는 여지가 있다.
전문가 F	초등학교 학생들에게는 적합하리라 사료되나 초등학교 고학년이나 정보영재 및 중학교 학생들에게는 더 다양한 프로그래밍 블록이 필요하다.

IV. Conclusions

최근 Computational Thinking 능력과 코딩교육의 일환으로 교육용 프로그래밍 언어와 로봇을 활용한 프로그래밍 교육에 관한 연구가 많다. 다수의 연구에서 교육용 프로그래밍 언어와 로봇을 활용한 프로그래밍 교육은 학습자의 문제해결력, 창의성, 학업성취도 향상에 도움이 된다고 보고하고 있다. 그러나 교육용 프로그래밍 언어나 로봇은 컴퓨터를 이용해야만 프로그래밍을 할 수 있다. 이는 컴퓨터가 없는 환경에서는 교육이 불가능한 제약이 생기며, 컴퓨터 조작 능력이 낮은 학습자들에게는 접근성이 떨어지는 단점이 있을 수 있다.

따라서 이 연구에서는 컴퓨터와 연결하지 않고 프로그래밍 교육이 가능한 언플러그드 로봇교육 시스템을 개발하고 그 타당성을 검증하고자 하였다.

이 시스템의 특징을 설명하면 다음과 같다.

첫째, 프로그래밍 언어를 내장한 블록을 개발하여 컴퓨터 없이 레고 블록을 쌓듯이 프로그래밍이 가능하다.

둘째, 프로그래밍 블록의 외양은 순서도의 기호를 토대로 개발하여 순서도 학습에서 프로그래밍 학습으로 전이를 도울 수 있다.

셋째, 각 프로그래밍 블록의 측면에 명령전환 버튼을 통해 블록 성격에 따라 다양한 설정이 가능하다. 따라서 방향, 속도, 각도 제어의 변화를 하나의 프로그래밍 블록에서 설정이 가능하다.

한편 이 시스템의 교육적 타당성을 검증하기 위해 15명의 전문가에게 리커트 척도로 구성된 검사도구와 자유기술식 의견을 제시해달라고 의뢰하였으며, 검증 결과는 다음과 같다.

세부 평가기준 20개중 18개에서는 CVR값이 0.7이상으로 나와 타당도가 매우 높게 나타났다. 그러나 효과성 항목의 세부

중 '오류 디버깅의 용이성'의 경우 CVR값이 0.6으로 기존 연구의 경우에는 비교적 타당한 결과이지만 이 연구에서 설정한 기준인 0.7보다는 낮아 타당도가 미흡하다고 판단하였다. 또한 교육현장 적용 항목의 세부 평가기준 중 '교육과정 연계성'의 경우도 CVR값이 0.6으로 타당도가 낮게 나타났다. 이에 따라 디버깅이 용이할 수 있도록 대표적인 오류 상황에 따른 오류 메시지를 표시할 수 있도록 개선하고자 한다.

한편 '교육과정 연계성' 평가기준에서 타당도가 낮게 나타난 것은 자유기술식 의견에서 이유를 찾을 수 있었다. 전문가의 의견에 따르면 이 연구에서 개발한 시스템이 고차원적 사고력 증진에 효율적일 것이라는 것에는 이견이 없었다. 그러나 이 시스템을 활용한 교육과정 또는 교육 내용이 교사·학생에게 제공이 필수적이라는 의견을 주었다. 이는 향후 후속 연구로 수행하고자 한다.

References

- [1] Myung-Jung Kim, Tae-Wuk Lee, Development of the software educational program using Picocrocket, KACE, Vol. 19, No, 1, pp. 47-50, 2015
- [2] Jung Sook Sung, Hyeon Cheol Kim, Analysis on the International Comparison of Computer Education in Schools, KACE, Vol. 18, No, 1, Jan, 2015.
- [3] JeongBeom Song, Designing of Block-Type Puzzle Assembly Robot Education System without Computer, Journal of the Korea society of computer and information, Vol. 18, No. 4, pp. 183-190, April, 2013
- [4] Bell, T., Wada, B. T., Kanemune, S., Xie, X., Lee, W-G., Choi, S-K., & Aspvall, B., Making Computer Science activities accessible for the languages and cultures of Japan, Korea, China and Sweden. Indougherty, J. D. Rodger, S.H., Fitzgerald, S. & Guzdial, M.(Eds), Proceedings of the 39th SIGCSE technical symposium on Coumputer Science Education, pp. 566, Portland, Oregon, USA: ACM, New York.
- [5] Bell, T., Alexander, J., Freeman, I. and Grimley, M. 2009. Computer Science Unplugged: School Students Doing Real Computing Without Computers. New Zealand J of Applied Computing and Information Technology, 13(1), 20--29.
- [6] Changmo Yang, Meta-Analysis on the Effects of Programming Education using Educational Programming Languages, Journal of The Korean Association of Information Education, pp. 317-324, Vol. 18, No. 2, June 2014.
- [7] Soo Bum Shin, Jin Hee Ku, A Development of Selection Criteria on Educational Programming Language, The Journal of Korean association of computer education, pp. 13-21, Vol.17 No.4, 2014.
- [8] In Ki Jung, Analysis of 「Understanding of Information Processing」 Area in the ICT Textbooks for Elementary Schools, The Journal of Korean association of computer education, pp 35-43, Vol. 13, No. 2, 2010.
- [9] Jae Kwoun Shim, Won Gyu Lee, Dai Young Kwon, Development and Application of Tangible Programming Tool based on Dotmatrix LED, The Journal of Korean association of computer education, Vol. 18, No. 1, pp. 35-43, January. 2015
- [10] ISO(2011). <http://www.iso.org/iso/home.htm>
- [11] Ji Min Kim, Dai Yong Kwon, Wong Yu Lee, Development of an usability measurement of the educational programming languages, The Journal of Korean association of computer education pp. 111-114, Vol. 15, No. 1, 2011.
- [12] Lawshe, C. H. A quantitative approach to content validity. Personnel Psychology, 28, No. 4, pp. 563-575, 1975.

Authors



JeongBeom Song received the M.S. degrees in Computer Education from Gongju University of Education and Ph.D. degrees in Computer Education from Korea National University of Education, Korea, in 1998, 2002 and 2010, respectively

Dr. Song is currently a teacher in the Naepo Elementary School. He is interested in computer education, robot-education.



Tae-Wuk Lee received the B.S. degrees in Science Education from Seoul University, Korea, in 1978, M.S. and Ph.D. degrees in Computation Education from Florida Institute of Technology, USA, in 1982 and 1984, respectively

Dr. Lee is currently a Professor in the Department of Computer Education, Korea National University of Education. He is interested in computer education, and Knowledge Engineering.