

# ARCS 전략을 활용한 STEM 기반 로봇 프로그래밍 학습 프로그램 개발

남동수<sup>○</sup>, 이태욱<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup>한국교원대학교 컴퓨터교육과

e-mail: namdongsoo@hanmail.net, twlee@knue.ac.kr

## Development of Robot Programming Learning Program Using ARCS Based on STEM

Dong-soo Nam<sup>○</sup>, Tae-wuk Lee<sup>\*</sup>

<sup>○\*</sup>Dept. of Computer Science, Korea-Computer University

### ● 요 약 ●

본 논문에서는 ARCS 전략을 활용한 STEM 기반 로봇 프로그래밍 학습 프로그램의 개발을 하고자 한다. 프로그래밍 교육은 문제해결력을 향상시키고 추상적 사고를 강화할 수 있는 등 효과가 높은 학습도구이나 접근하기 힘든 어려움이 있다. 이를 초등학생이 접근하기 쉬운 수준의 로봇프로그래밍으로 접근하여 해결하였다. 또한 로봇프로그래밍의 학습을 위한 여러 가지 접근 방법중 로봇프로그래밍에 가장 적합한 STEM 통합교육 기반으로 학습 프로그램을 설계하였으며 효과를 극대화하기 위하여 ARCS 전략을 적용한 프로그램으로 개발하여 제시하였다. 향후 효과성 검증에 대한 연구가 지속될 예정이다.

키워드: ARCS, 로봇 프로그래밍, STEM

### 1. 서론

지식기반 사회에서는 정보를 내면화 된 지식으로 전이하여 문제 상황에 적응하고 지식을 통해 문제를 해결하는 능력이 중요시 되고 있다. 문제해결력은 자신이 알고 있는 지식을 통해 새로운 문제를 해결하고 새로운 지식을 배우는 데 사용한다고 볼 수 있다. 문제 해결력은 인간의 사고방식뿐만 아니라 일과 생활양식에까지 영향을 미치는 중요한 기제로서 심리학, 컴퓨터 과학, 교육학 등 여러 학문 분야에서는 이러한 인간의 문제 해결력을 향상시키고자 다양한 연구를 진행하고 있다[11][13]. 인지과학과 지능이론 분야에서는 이론적이고 일반적인 수준에서 논의되고 있으며, 산업 교육분야에서는 실제적이고 적용적인 내용이 강조되고 있다. 실제 공학 분야의 연구자들과 교육자들은 상황 맥락성이나 상황 복잡성을 문제 해결력 증진의 주요 요건으로 판단해 오고 있으며 현장과 유사한 상황을 직접 경험 할 수 있도록 기회를 제공하여 문제 해결력을 향상시키고자 하였다[15].

컴퓨터 프로그래밍의 과정은 문제해결을 위한 추상적 사고 과정을 컴퓨팅 장치를 통해 모델링하거나 자동화하기 위한 과정이며 이러한 과정을 경험함으로써 추상적 사고를 강화할 수 있다[3][4]. 즉 프로그래밍의 과정은 문제해결을 위해 적합한 추상적 개념을 선택하고 구성하기 위한 추상화 능력과 추상적 개념을 자동화하기 위한 자동화 능력을 요구한다.[17]. 이러한 인지적 능력이 다른 학문 분야에서 다루는 문제해결 기술이나 추론기술과 다른 점은 보다 일반적인 문제해결상황에 적용할 수 있는 전략적 지식을 생성

하고, 컴퓨팅 장치를 통해 문제해결과정을 실제로 구현하고 자동화한다는 측면에서 가장 정확하고 명확한 해법을 제시할 수 있다는 것이다[3]. 따라서 실세계의 복잡한 문제해결력 향상을 위해 프로그래밍 교육이 필요하며 이를 효과적으로 지원하기 위한 교수 학습 도구 및 내용의 선택, 그에 따른 효과적인 교수 학습 방법에 관한 연구가 필요하다. 그러나 프로그래밍학습은 알고리즘적 사고력을 향상시키는 자체가 어려우며 프로그래밍의 문법을 익히는 데 시간과 노력이 많이 투입되어 접근하기 힘들다[13][15][3].

최근에는 로봇을 이용하여 창의적인 알고리즘 및 프로그래밍 학습을 함으로써 효과를 많이 얻고 있다[16][8][9][2]. 교육용 로봇은 학습자 스스로 직접 만들고 조작하는 것에서 놀이의 즐거움과 성취감을 가질 수 있고, 입문자를 배려한 프로그래밍 언어의 사용으로 쉽게 접근할 수 있으며, 프로그래밍 된 코드를 직접 실행시키고 오류를 발견하고 이를 수정해 나가는 과정 중에서 반성적 사고력과 알고리즘적 사고 능력을 향상시킬 수 있다[16].

미국에서는 STEM 교육을 조장하고 촉진하기 위한 혁신적인 프로그램에 로봇교육을 포함하여 운영하고 있다[7]. 미국 Maryland Eastern Shore 대학에서 실시한 STEM 교육 프로그램 운영결과에 의하면 로봇교육 프로그램을 적용한 후 학생들은 탐으로 활동하는 능력 및 기술혁신의 탐색과 창의성, 다른 분야로부터 얻게 되는 지식과 정보를 통합하는 능력, 기계적인 설계, 전기 기구학, 컴퓨터의 상승적인 통합효과가 적절하게 향상된 것으로 나타났다[12]. 즉 STEM 교육은 과학, 수학, 공학, 기술 등의 과목의

흥미도와 학생들의 기술적 소양을 높이기 위한 대안적 교육이며 더 나아가 여러 교과에서 활용이 가능한 맥락적 지식 및 실생활 문제해결력의 증진을 지향하고 있다[10].

그러나 실제로 교수학습 상황 및 교수 자료 등을 고려하지 않고 단순히 교수자의 노력과 능력만을 따르게 될 때 로봇 활용 교육에 대한 학습자 동기과 태도 등에서 의미 있는 결과를 얻지 못할 수도 있다[6]. 뿐만 아니라, 학습자 특성을 고려하지 않은 경우 학습동기 및 태도 등에서 고른 효과를 얻지 못하거나, 부정적인 결과를 얻을 수 있다[14]. 또한 학습환경이 학습 상황에 적합하게 설계되지 않은 경우에도 이와 같은 부작용이 생길 수 있다[5]. 따라서 교수자는 로봇을 더욱 의미있고 편리하며 흥미롭고 도전적인 매체로 만들어내기 위한 다양한 아이디어를 고려하여 로봇 프로그래밍 환경을 개발해야 한다[1].

이를 고려하면 ARCS 전략을 적용하고 유지하는 것은 의미있는 일이다. ARCS 전략은 동기를 유발하고 유지시키기 위한 전략으로서 주의(attention), 관련성(relevance), 자신감(confidence), 만족감(satisfaction)으로 구성된다. 각각의 요소는 3가지의 세부 전략으로 구성되며 각 세부전략은 구체적이고 처방적인 동기유발 및 유지방법으로 구성된다.

지금까지의 요소를 모두 고려하여 ARCS 전략을 적용한 STEM 기반 로봇프로그래밍 학습 프로그램을 개발하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. ARCS 이론

Keller는 개인의 동기를 설명하기 위하여 네가지 개념적 요소로 구성된 ARCS 이론을 개발하였다. 내용은 아래 표1과 같다.

표 1. ARCS 이론  
Table 1. ARCS Theory

1. 주의 집중 및 중추를 위한 전략	(1) 지각적 주의 환기의 전략 (2) 탐구적 주의 환기의 전략 (3) 다양성의 전략	①시청각 효과의 사용 ②비일상적인 내용이나 사건 제시 ③주의 분산의 자극 지양 ①능동적 반응 유도 ②문제해결 활동의 구상 장려 ③신비감의 제공 ①간결하고 다양한 교수형태 사용 ②일방적 교수와 상호작용적 교수의 혼합 ③교수 자료의 변화 추구 ④목표-내용방법이 기능적으로 통합
2. 관련성을 위한 전략	(1) 친밀성 전략 (2) 목적 지향성의 전략 (3) 필요나 동기와의 부합성 강조의 전략	①친밀한 인물 혹은 사건 활용 ②구체적이고 친숙한 그림 활용 ③친밀한 예문 및 배경 지식 활용 ①실용성에 중점을 둔 목표 제시 ②목적 지향적인 학습 형태 활용 ③목적의 선택 가능성 부여 ①다양한 수준의 목적 제시 ②학업성취 여부의 기록체제 활용 ③비경쟁적 학습 상황의 선택 가능 ④협동적 상호 학습 상황 제시

3. 자신감을 위한 전략	(1) 학습의 필요조건 제시의 전략 (2) 성공의 기회 제시의 전략 (3) 개인적 조절감 증대의 전략	①수업의 목표와 구조의 제시 ②평가 기준 및 피드백의 제시 ③선수학습능력의 판단 ④시험의 조건 확인 ①쉬운 것에서 어려운 것으로 과제 제시 ②적정 수준의 난이도 유지 ③다양한 수준의 시작점 제공 ④무작위의 다양한 사건 제시 ⑤다양한 수준의 난이도 제공 ①학습의 끝을 조절할 수 있는 기회 제시 ②학습 속도의 조절 가능 ③원하는 부분에서의 재빠른 회귀 가능 ④선택가능하고 다양한 과제의 난이도 제공 ⑤노력이나 능력에 성공 귀착
4. 만족감을 위한 전략	(1) 자연적 결과 강조의 전략 (2) 긍정적 결과 강조의 전략 (3) 공정성 강조의 전략	①연습문제를 통한 적용 기회 제공 ②후속 학습 상황을 통한 적용 기회 제공 ③모의 상황을 통한 적용 기회 제공 ①적절한 강화 계획의 활용 ②의미 있는 강화의 강조 ③정답을 위한 보상 강조 ④외적 보상의 사려 깊은 사용 ⑤선택적 보상체제 활용 ①수업목표와 내용의 일관성 유지 ②연습과 시험내용의 일치

Arcs 이론은 동기에 관한 기존의 각종 이론 및 연구들을 종합하여 체계화한 것으로 교수학습 상황에서 학습동기를 유발하고 유지하기 위한 동기 설계의 전략들을 제공하고자 하였다.(Keller 1979) 이러한 특성을 가진 ARCS 이론은 학습동기에 네 가지 요소가 있음을 주장한다. ARCS 이론은 4요소를 정의하면서 각 요소마다 세가지 하위 범주를 밝히고 각 동기 요소들을 유발·유지하는 데 필요한 구체적 전략의 예를 소개하였다.

### 2. STEM

STEM이란 용어는 1990년대 미국과학재단(National Science Foundation)에서 과학, 기술, 공학, 수학의 약칭으로 사용하기 시작하였다. 미국 버지니아 공대에서 STEM 교사 양성 프로그램을 만들고 운영했던 샌더스는 STEM 교육이 단순히 과학, 기술, 공학, 수학 분야의 개별적인 교육이 아니라 STEM 교과간의 상호 의사소통과 협력을 바탕으로 한 통합적인 접근이 중요하다고 강조하였다. STEM 교육은 STEM 교과중 두가지 이상의 교과 사이의 내용과 과정을 통합하는 교육 접근 방식이며 사회, 예술 등과 같은 다른 학교 과목과의 연결을 통해서도 시행될 수 있다.

샌더스를 비롯하여 STEM 교육 전문가들은 기술과 공학의 문제 해결 과정이 과학과 수학의 개념과 원리를 상황에 적용해 보고 실생활과 연계된 문제를 해결하는데 핵심적인 역할을 한다고 강조하고 있다.

### 3. 교육용 로봇

교육용 로봇이란 직접적인 체험을 통해 알고리즘적 사고력을 높이기 위한 교육적 목적으로 개발된 로봇을 말한다. 국내의 교육용 로봇으로는 프로레이서, 로보로보, 카이로봇, 로보티즈, 다진로봇 등이 있고 해외의 교육용 로봇으로는 LEGO 시와 M.I.T 가 공동으로 개발한 마인드스톰, M.I.T 미디어 랩의 라이프 룽 킨더

가튼에서 연구하여 개발한 피코 크리켓이 있다[8].

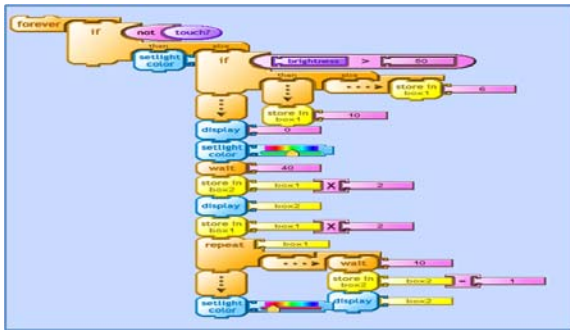


그림 1. 피코 크리켓 프로그래밍 예제  
Fig. 1. Example of Pico Cricket Programming

피코 크리켓의 프로그래밍은 블록형으로 되어 있는 논리 블록들을 수행하고자 하는 알고리즘에 맞게 선택, 조합, 배치 해주면 로봇을 움직일 수 있다. 크게 빛과 관련된 부분, 소리와 관련된 부분, 움직임과 관련된 부분, 센서와 관련된 부분, 프로그램을 진행시키기 위한 부분, 변수와 관련된 부분, 연산과 관련된 부분 등으로 구성되어 있다.

피코 크리켓의 구성요소는 CPU와 메모리, 적외선 통신 수신장치를 가지고 있는 “피코 크리켓 본체”, 컴퓨터 프로그래밍 내용을 적외선 송신해주는 “비머”, 소리를 감지하는 “사운드 센서”, 빛을 감지하는 “빛 센서”, 터치를 감지하는 “터치센서”, 저항값을 읽어주는 “저항센서”가 있고, 출력장치로 소리를 내주는 “사운드 박스”, 빛을 만들어 내는 “라이트”, 숫자를 표시해 주는 “디스플레이”, 회전운동을 만들어 내는 “모터” 로 이루어져 있다.



그림 2. 피코 크리켓 구성요소  
Fig. 2. Pico Cricket Component

### III. 본론

#### 1. ARCS 전략을 활용한 STEM 기반 로봇프로그래밍 학습 프로그램 개발

#### 1. 주제 및 학습요소 추출

주제 선정은 STEM을 가장 잘 표현할 수 있는 주제로 선정하고자 하였다. 공학과 기술 관련 주제이면서 로봇 프로그래밍으로 실제 시뮬레이션 동작이 가능하도록 피코크리켓을 이용하여 제작하였으며 과학과 수학관련 내용도 포함할 수 있는 주제를 선정하여 ARCS 전략 요소를 반영하여 학습 프로그램을 개발하였다.

표 2. 학습주제, 내용, STEM 요소 및 ARCS 전략요소 추출  
Table 2. Learning Theme, Contents, STEM elements, ARCS Strategic elements

주제	내용	STEM 요소	ARCS 전략 요소
땅 다지는 기계		S, T, E, M	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①
크레인		S, T, E	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①
모래살포차		S, T, E, M	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①
항타 및 항발기		S, T, E	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①
적재물 승강기		S, T, E, M	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①
사리채취기		S, T, E	1-(1)-①, 1-(1)-② 1-(2)-②, 2-(1)-① 2-(2)-①, 2-(2)-② 2-(3)-④, 4-(1)-③ 4-(3)-①

#### 2. 학습지도안

학습지도안은 체제적 수업모형인 ADDIE 수업모형을 기반으로 하여 제작하였다.

아래는 한차시 분량의 학습지도안이다.

표 3. 땅다지는 기계 만들기 교수·학습 과정안  
Table 3. The Making of Vibrating Machine Teaching-Learning Plan

단계	활 동		로봇 활용 형태	탐구 과정	학습 형태
	교수자	학습자			
도입	· 땅다지는 기계 동영상 소개하기 · 학습목표제시	· 기계의 작동과정 관찰 및 특징 파악하기 · 학습목표확인	귀납적 사고력 촉진	관찰 예상	협력

도입	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 땅다지는 기계 동영상 보게하기</li> <li>· 학습목표제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기계의 작동과정 관찰 및 특징 파악하기</li> <li>· 학습목표확인</li> </ul>	귀납적 사고력 촉진	관찰 예상	협력
전개	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 관찰한 사실을 바탕으로 예상하게하기</li> <li>- 자동차 이동의 원리 찾기</li> <li>- 바이브레이터의 원리 찾기</li> <li>· 사전정보 제공하기</li> <li>· 캠의 원리를 이용하여 바이브레이터 제작하기</li> <li>· 예상과 확인을 거쳐 검증하기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 관찰한 사실을 바탕으로 땅다지는 기계 만들기</li> <li>- 정보를 탐색하여 해결방안 찾기</li> <li>· 사전정보 안내에 따라 장치의 연결방법 체험</li> <li>· 바이브레이터 설계</li> <li>· 제작</li> <li>- 문제 정의, 탐색, 해결안 제안, 해결안 검증, 테스트</li> <li>· 예상과 확인 후 반성적 사고를 활용하여 프로그래밍 수정, 보완</li> </ul>	과제 해결에 필요한 장치와 부품만 제시	예상 문제 인식	협력
정리	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 핵심 원리 공유를 위한 전시회</li> <li>· 문제해결 핵심원리 정리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 다른 친구들의 작품을 보고 수정, 보완</li> <li>· 문제 해결 방법 정리하기</li> </ul>	제작된 로봇 전시	관찰 정리	개별

#### IV. 결론

지금까지 STEM 기반 로봇 프로그래밍 학습 프로그램을 ARCS 전략을 적용하여 개발하여 보았다. 앞으로의 과제는 개발된 학습 프로그램의 효과에 대하여 검증하는 것이다. 대상 집단을 선정하고 실험처치하고 사전 사후 검사를 통하여 프로그램의 효과성을 검증하고자 한다.

#### 참고문헌

[1] Blank, D. (2006). Robots Make Computer Science Personal [Electronic Version]. Communications of the ACM, 49, 25-27

[2] Boonin Jeong, Waeshik Moon. (2006). A Method n Educational Use of Robot for Enhancement of Problem-solving Ability. KAIE. 10(3). pp. 341-351.

[3] Eunkyung, Lee. (2009). Robot Programming Teaching and Learning Model to Enhance Computational Thinking Ability. Doctoral Thesis. Korea National University of Education.

[4] Eunkyung, Lee. Youngjun, Lee. (2008). The Effects of Programming Ability and Immersion Level for Middle School Student on Programming Education using The Scratch, The Middle School Education Research. 56(2). pp. 359-382.

[5] Fagin, B. S., Merkle, L. D., & Eggers, T. W. (2001). Teaching Computer Science with Robotics using

Ada/Mindstorms 2.0. The Annual International Conference on Ada 2001.

[6] Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The Effect of LEGO Training on Pupils' School Performance in Mathematics, Problem Solving Ability and Attitude : Swedish Data. Educational Technology & Society, 9(3), 182-194

[7] HyeKyung Cho, Kangbak Park, Jeonghye Han, DugKi Min, Kukwon Ko. (2008). Education+Robots : the Vision and the Action Plans. KIISE. 26(4), pp. 55-64.

[8] Inhwan, Yoo. (2005). The Possibility of Robot Programming to Enhance Creative Problem-Solving Ability. Ewha Journal of Educational Research. 10(3). pp. 109-128.

[9] Inhwan Yoo. Taehwan Kim. (2006). The Effect of Mindstorms Programming Instruction on the Creativity. KACE. 9(1). pp. 1-11.

[10] Jinsoo Kim. (2008), Exploration of STEM Education as a New Integrated Education for Technology Education. KTEA. 7(3), pp. 1-29

[11] Jitgarun, K. (2002). The Development of Computer-Based Simulation Laboratory for e-Learning : A case Study of Non-Electrical Engineering Background at KMUTT in Thailad. World Conference on E-Learning in Corp., Govt., Health., & Higher Ed. 2002(1), pp. 1669-1672

[12] Nagchaudhuri, A., and sin호, G.(2003). Middle School Students get introduced to fundamentals of engineering at the UMES-NOAA summer camp, Proceedings of 2003 American Society of Engineering Education annual conference, session 1170, Nashville, TN, June 2003

[13] Najjar, L. J. (1996). Multimediainformation and Learning. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, g, pp. 129-150

[14] Youngkwon, Bae. (2007). A study of the robot programming instructional strategies considered gender differences. KACE. 10(4), 27-37

[15] Youngmin, Lee. (2005). The Effects of Simulation Delivery Instruction on Students's Problem Solvng Performance and Motivation. KACE. 8(5), pp. 43-50.

[16] Waeshik, Moon, (2007). A Programming Language Learning Model Using Educational Robot. KAIE, 11(2), pp. 231-241

[17] Wing, J. M.(2006). Computational Thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.E. Smirni, and G. Ciardo, "Workload-Aware Load Balancing for Cluster Web Servers," IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, Vol. 16, No. 3, pp. 219-232, March 2005.