

로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램

이영준[†] · 이은경^{††}

요 약

본 연구에서는 중학생의 알고리즘 학습을 효과적으로 지원하기 위한 도구로 교육용 로봇을 선택하고, 로봇의 활용 효과를 최대화하기 위한 교수 학습 프로그램을 개발하였다. 해당 프로그램은 알고리즘 학습에 대한 내적 동기 유발 및 창의적 문제해결력 향상을 위한 교수 학습 전략을 반영하여 구성하였으며, 중학교 학습자의 인지적 발달 특성과 알고리즘 학습을 처음 접하는 초보 학습자라는 특성을 반영하였다. 개발한 프로그램을 실제 중학교 학습자들에게 적용한 결과, 로봇 활용 알고리즘 학습을 수행한 집단이 일반 프로그래밍 언어를 활용한 알고리즘 학습을 수행한 집단에 비해 내적 동기와 창의적 문제해결성향이 유의하게 높게 나타났음을 확인하였다. 이러한 연구 결과는 향후 새로운 교육과정이 시행될 경우, 중학생의 알고리즘 학습을 위한 교수 학습 도구의 선정 및 교수 학습 설계에 유용한 방향을 제공해 줄 수 있을 것이다.

주제어 : 로봇, 알고리즘 학습, 내적 동기, 창의적 문제해결력

An Algorithm Learning Program with Robot

YoungJun Lee[†] · EunKyoung Lee^{††}

ABSTRACT

In this study, we selected an educational robot as a suitable tool to support algorithm learning for middle school learners through comparative analysis of various tools. Educational robot can provide tangible experiences for abstract concepts of algorithms. Therefore, we developed an algorithm learning program with educational robots to enhance intrinsic motivation and creative problem solving ability for middle school learners. Also, we implemented the developed program in middle schools and analysed the educational effects of the program. We found that the algorithm learning program with robots was helpful in enhancing learners' intrinsic motivation about algorithm learning and creative problem solving potential. These findings may offer useful direction for designing teaching and learning program for algorithm education. These results can be used as a basis for study on designing and developing algorithm learning program.

Keywords : Robot, Algorithm Learning, Intrinsic Motivation, Creative Problem Solving Ability

[†] 중신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신지자)
^{††} 중신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
 논문접수: 2008년 11월 24일, 심사완료: 2008년 12월 22일
 * 이 논문은 2007년 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-327-B00634)

1. 서 론

2007 개정 '정보' 교육과정에서 제시하고 있는 대영역 중 가장 핵심적인 영역은 '문제해결방법과 절차' 영역으로, 알고리즘 및 프로그래밍 관련 내용으로 구성되어 있다. 해당 영역에서 제시하고 있는 알고리즘 관련 내용들은 학습자의 논리적 사고력, 창의적 문제해결력과 같은 인지 능력 향상을 위해 필수적인 내용이지만, 알고리즘 학습을 처음 접하는 중학생들에게 과도한 인지적 부담으로 작용할 수 있다.

따라서 새로운 교육과정 시행에 앞서, 알고리즘 학습 지원을 위해 효과적인 교수 학습 도구를 고찰하고 해당 도구를 활용한 효과적인 교수 학습 방안을 제시할 필요가 있다.

기존의 알고리즘 학습은 주로 프로그래밍 교육을 통해 이루어져 왔으며, 이에 따라 알고리즘 학습을 위한 도구는 소프트웨어 개발 목적의 프로그래밍 언어를 활용하여 왔다.

이러한 프로그래밍 언어의 활용은 프로그래밍 언어 자체의 어려움으로 인해 알고리즘의 추상적 개념 학습 보다 도구 자체의 사용법을 학습하는데 중점을 두므로써, 오히려 학습에 대한 흥미를 감소시키거나, 학습 증진을 저해하는 요인으로 작용하고 있다. 이는 해당 도구가 학습자의 발달특성을 고려하거나 학습자의 동기 유발, 인지 능력 향상 등을 지원하기 위한 목적으로 개발된 것이 아니기 때문이다.

따라서 알고리즘 학습에 있어서 도구 활용의 효과를 최대화하기 위해 도구의 선택은 신중하게 고려될 필요가 있다. 즉 알고리즘 학습을 위한 도구는 특정 프로그래밍 언어에 한정되지 않는다는 것이며, 학습자가 학습해야 할 추상적 개념의 속성과 학습자의 발달특성을 고려하여 선택되어야 한다.

또한 알고리즘 학습을 위한 도구 활용 교육은 도구 활용 능력만을 갖추거나, 도구 활용을 위해 필요한 개념을 이해하는 것이 아니라, 개념 학습 자체가 목적이 되어야 하며, 개념 학습을 위해 도구를 사용하는 방법을 학습해야 한다. 예를 들어, 수학에서 산술 연산의 개념을 이해시키는 것이

목적이지, 계산기 사용 방법을 가르치는 것이 목적이 아니며, 계산기를 잘 사용할 수 있다고 해서 산술 연산의 개념을 이해하고 있는 것은 아니기 때문이다. 본 연구에서는 알고리즘 학습 지원을 위한 다양한 도구들의 고찰을 통해 알고리즘 학습에 대한 내적 동기를 유발하고 창의적 문제해결력 향상을 위한 도구로 교육용 로봇을 선택하였다. 교육용 로봇은 실제적인 문제 해결 경험과 알고리즘의 시각화를 제공함으로써 학습자의 내적 동기 및 창의적 문제해결력 향상을 위해 유용하게 활용될 수 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 로봇 활용 효과를 최대화하기 위한 교수 학습 전략들을 개발하고 이를 적용한 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램을 개발하고자 하였다. 또한 개발한 교육 프로그램을 중학교 학습자들에게 적용한 후, 학습자의 알고리즘 학습에 대한 내적 동기 및 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 관련 연구

2.1 알고리즘 학습 지원을 위한 도구 고찰

기존의 알고리즘 학습은 주로 프로그래밍 교육의 일환으로 이루어져왔다[1]. 이는 프로그래밍이 추상적 개념인 알고리즘을 컴퓨팅 장치를 통해 모델링하거나 자동화하기 위한 과정이며, 이러한 과정을 경험하는 것은 추상적 사고를 강화할 수 있기 때문이다[2][3][4]. 그러나 프로그래밍 과정은 프로그래밍 도구의 사용으로 인해 학습자의 외적 인지 부하를 증가시키고 이에 따라 학습 동기를 저해할 수 있다[5]. 따라서 알고리즘 학습 지원을 위해 가장 적합한 프로그래밍 도구를 선택하고, 해당 도구를 알고리즘 학습에 통합하기 위한 최상의 방법을 고려하는 것이 중요하다.

최근에는 초·중학생과 같은 어린 학습자들의 알고리즘 학습을 지원하기 위한 다양한 도구들이 개발되고 이를 활용한 학습 효과에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 대표적인 도구의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

2.1.1 Non-Computers

이는 추상적 개념인 알고리즘을 학습하기 위한 자동화 도구의 역할을 특정 컴퓨터 하드웨어나 소프트웨어가 아닌 인간이 직접 수행하는 방식이다. 즉, 컴퓨터를 사용하지 않고 교실이나 운동장에서 학습자 스스로 놀이나 게임 활동을 통해 알고리즘의 추상적 개념을 습득하는 방법을 의미한다. 이러한 활동들의 개발은 Bell의 연구에 의해 진행되었으며, 초등학교 학생들을 대상으로 적용한 결과, 알고리즘뿐만 아니라 컴퓨터 과학의 기본 원리와 개념에 관한 흥미와 관심을 유발시킬 수 있음을 보여주었다[6].

최근에는 여러 컴퓨터 과학 교육 관련 연구자들에 의해 다양한 교수 학습 방법들이 개발, 적용되고 있으며, 권은정(2008)의 연구에서는 고등학교 학습자들을 대상으로 한 알고리즘 교육에 이러한 방법을 적용하여 학습 동기와 학업 성취 향상에 도움이 되었음을 보여주었다[7].

2.1.2 교육용 프로그래밍 언어

교육용 프로그래밍 언어는 국내외 컴퓨터 과학 관련 교육과정에서 초·중학생의 알고리즘 교육을 위한 도구로 권장하고 있으며[8][9], 컴퓨터 과학뿐만 아니라 수학이나 과학과 같은 다양한 교과에서 활용되고 있는 교수 학습 도구이다. 교육용 프로그래밍 언어는 단순한 프로그래밍 도구의 차원을 넘어 풍부한 멀티미디어 학습 환경을 제공하기 때문에 학습자 스스로 설계한 알고리즘을 시각적인 형태로 모델링하거나 어떠한 현상을 시뮬레이션 하는 과정을 경험할 수 있다. 또한 실행 결과 화면뿐만 아니라 프로그래밍 코딩 과정 자체를 위한 시각적인 환경을 지원하기 때문에 어린학습자들이 쉽고 간단하게 프로그램을 작성할 수 있다. 대표적인 교육용 프로그래밍 언어는 LOGO, Squeak Etoys, Alice, Scratch 등이 있으며, 실제로 이러한 언어들을 활용한 연구 결과들은 학습자들의 동기 유발 및 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 주었음을 보여주고 있다[5][10][11].

2.1.3 교육용 로봇

교육용 로봇의 가장 큰 장점은 보다 실제적인 시뮬레이션 경험을 제공한다는 점이다. 이는 로봇의 물리적 특성에 의한 것으로, 실생활의 문제 해결과 가장 유사한 경험을 제공할 수 있다.

교육용 프로그래밍 언어의 경우 시각적이고 상호작용적인 프로그래밍 환경을 제공하지만, 문제 해결 과정에 대한 다양한 오개념을 유발할 가능성이 있으며, 실제적 문제가 지니는 역동성을 고려하기 어렵다는 한계를 지니고 있다. 반면, 교육용 로봇은 로봇 시뮬레이션 과정에서 물리적, 환경적 제약조건들을 모두 고려한 문제 해결 과정을 설계해야 하기 때문에 교육용 프로그래밍 언어의 한계를 극복하기 위한 최적의 도구로 활용될 수 있다. 대표적인 교육용 로봇은 Papert의 구성주의 교육철학을 기반으로 개발된 LEGO Mindstorms가 있으며, 해당 로봇 제어를 위한 교육용 프로그래밍 언어를 사용하여 직접 로봇을 구성하고, 구성된 로봇의 움직임, 지각, 상호작용 및 의사소통을 위한 프로그래밍 작업이 가능하다. 또 다른 교육용 로봇인 Pico Cricket은 빛, 소리, 음악, 동작들을 통합한 예술적인 창작품을 설계하고 프로그래밍 할 수 있는 환경을 제공함으로써 다양한 학습자의 흥미와 관심을 유발할 수 있다[12].

2.2 알고리즘 학습을 위한 로봇 활용의 가치

로봇 활용 교육과 관련된 선행 연구 결과들을 종합하여, 알고리즘 학습을 위한 로봇 활용의 가치를 정의적 측면, 인지적 측면, 사회적 측면으로 구분하여 제시하면 다음과 같다.

첫째, 정의적 측면에서 로봇 활용 교육의 가치는 즉각적이고 실제적인 피드백 제공을 통해 흥미로운 학습 환경을 제공하고 학습자의 내적 동기와 인지적 참여를 유발한다는 것이다.

Csikszentmihalyi(1990)의 몰입이론에 의하면, 즉각적이고 구체적인 피드백이 학습자의 몰입을 유도하고, 몰입 경험은 궁극적으로 내적 동기를 유발한다[13]. Bos(2005) 또한 학습자가 수행한 과

제 자체가 피드백이 되는 순환적 구조를 통한 오가닉 피드백과 오가닉 스캐폴딩이 학습자의 내적 동기를 유발한다고 주장하였다[14]. Blank(2006)은 로봇이 제시한 오류를 학습자가 수정하는 과정에서 내적 동기가 발생한다고 주장하면서, 이러한 오류는 교수자에 의해 지적되는 것이 아니라, 로봇이 학습자가 원하는 대로 동작하지 않음으로써 발생하는 것이기 때문이라고 주장하였다[15].

둘째, 인지적 측면에서 로봇 활용 교육의 가치는 실제적 문제 해결 경험을 제공함으로써 학습자의 인지갈등을 극대화하고 성찰적 사고 촉진이 가능하다는 것이다.

로봇을 활용한 문제 해결 과정은 로봇의 물리적 특성으로 발생할 수 있는 제약조건들을 함께 고려해야 하기 때문에 유의미한 인지적 갈등을 경험하고 성찰적 사고의 기회를 가질 수 있으며, 실제적 문제 해결을 위해 보다 정확한 방법을 발견할 수 있게 한다[16][17][18].

셋째, 사회적 측면에서 로봇 활용 교육의 가치는 상호작용을 촉진하고 협력적 문제 해결의 기회를 제공할 수 있다는 것이다. Papert(1993)는 학습자들이 인공물(artifact)이나 공유할 수 있는 작품(product)을 협력적으로 구성하는 과정을 통해 이해가 증진된다고 주장하였다[19]. 알고리즘 학습에 로봇을 활용할 경우, 학습자들은 협력적으로 로봇을 구성하고, 프로그래밍하고 시연하는 과정을 통해 학습자와 로봇, 학습자와 학습자 사이의 자발적인 상호작용을 촉진할 수 있다. 또한 이러한 협력적 문제 해결 과정은 창의성 증진을 위해 필요한 과정이라고 할 수 있다.

Csikszentmihalyi(1999)는 창의성 체계 모델에서 창의성을 개인과 사회, 문화의 상호작용을 통해 구성되는 현상으로 설명하고 있다[20].

2.3 로봇 활용 관련 기존 연구의 한계

알고리즘 학습을 지원하기 위한 로봇 활용의 교육적 가치에도 불구하고 로봇 활용 교육과 관련된 선행 연구들은 로봇 활용의 목적, 학습 내용 구성, 교수 학습 전략적 측면에서 다음과 같은 한계를 지니고 있다.

첫째, 로봇 활용 교육과 관련된 기존 연구들은

로봇을 단지 기존의 프로그래밍 교육에 대한 흥미 유발 도구로 활용하는 경향이 있으며, 이는 오히려 학습을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. 학습자들은 학습에 활용하기 위한 새로운 도구의 사용법을 익히는데 일정 시간과 노력을 투자해야 하기 때문에 로봇의 활용은 학습자들에게 또 다른 인지적 부담으로 작용할 수 있다. 따라서 이러한 학습 외적인 인지적 부담을 최소화하기 위한 교수적 처치 없이 단지 흥미 유발을 위한 도구로 로봇을 도입하는 것은 바람직하지 못하며 실제로 이러한 방법을 적용한 연구 결과, 학습 효과는 부정적으로 나타나거나 긍정적인 효과를 확인하지 못했다[21][22].

둘째, 기존의 로봇 활용 교육 관련 연구들은 학습 내용 설계에 있어서 주로 제한적인 도전 과제 수행에 중점을 둬으로써 다양한 학습자의 참여를 유발하지 못하고[12][23], 학습 전이를 촉진하지 못하고 있다. 따라서 다양한 학습자의 참여를 유도하고, 학습한 지식을 실제 문제 해결 상황에 적용할 수 있는 학습 전이 촉진을 위한 교수 학습 내용 설계가 필요하다.

셋째, 기존의 로봇 활용 교육 관련 연구에서 제시하고 있는 교수 학습 전략들은 주로 경쟁과 외적 피드백 제공 전략을 사용함으로써 학습자의 내적 동기를 저해하는 요소로 작용하고 있다.

FIRST LEGO League와 같은 다양한 로봇 대회나 팀별 경쟁 구조를 지향하고 있는 연구들의 경우 주어진 도전 과제 수행여부에 따라 점수가 부여되거나 감점된다[24][25][26]. 그러나 이러한 점수의 획득이나 감점은 자칫 과제 수행을 통해 얻게 되는 학습 효과보다 점수 획득에만 집중하게 함으로써 궁극적으로 학습이 이루어진다고 보기 어려우며, 보상, 칭찬, 점수, 포인트 시스템과 같이 과제 외부에 존재하는 외적 피드백은 내적 동기를 저해할 수 있다. 또한 경쟁 구조는 경쟁을 기피하는 학습자들에게 오히려 학습 동기를 저해하는 요소로 작용할 수 있다. 배영권(2007)은 공격적이고 경쟁적인 교육내용이 여학생들의 학습 의욕을 저하시킬 수 있음을 지적하였으며[23], Rusk et al.(2008) 또한 이러한 경쟁 형태의 활동 구조의 문제점을 지적하였다[12]. 따라서 로봇 활용 학습 과제를 제시하는데 있어서 경쟁을 지양

하고 협력적 과제를 제시할 필요가 있으며, 내적 동기 유발을 위한 교수 학습 설계가 필요하다.

3. 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램 개발

3.1 교육용 로봇의 선정

본 연구에서는 알고리즘 학습을 지원하기 위한 교육용 로봇으로 LEGO Mindstorms NXT를 선정하였으며, 해당 로봇 제어를 위한 프로그래밍 도구로 NXT-G를 선정하였다.

다양한 교육용 로봇 및 로봇 제어용 프로그래밍 도구 중 해당 로봇과 도구를 선택한 이유는 다음과 같다.

첫째, 학습자의 내적 동기와 창의적 문제해결력 향상을 위해 협력적 문제해결경험을 제공하는 것이 필요하며, 이러한 경험을 제공하기 위해서는 로봇간의 상호작용이 가능해야 한다.

NXT 모델의 경우, 블루투스를 통한 무선 통신 기능을 제공하기 때문에 로봇 간의 상호작용이 가능하며, 이러한 기능은 협력적 활동 과제 수행을 촉진할 수 있다.

둘째, 알고리즘 학습과 더불어 로봇 활용 방법의 학습으로 인해 부가될 수 있는 외적 인지 부담을 최소화하여야 한다.

NXT의 경우, 다양한 프로그래밍 도구를 통해 제어될 수 있으나, 프로그래밍 도구 자체를 습득하기 위한 시간과 노력의 감소를 위해 교육용 프로그래밍 도구인 NXT-G를 선정하였다. NXT-G는 시각적으로 구성된 프로그래밍 블록들을 조합하는 방식으로 프로그램 작성이 가능하며, 이러한 방식은 어린 학습자들이 쉽게 이해하고 사용할 수 있게 해준다[27].

3.2 로봇 활용 알고리즘 학습 설계 원리

알고리즘 학습에 대한 내적 동기 유발 및 창의적 문제해결력 향상을 위한 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램은 다음과 같은 설계 원리에 따라 개발하였다.

첫째, 로봇 활용 알고리즘 학습을 위한 교수 학습 전략들은 ‘전체 과제 중심 전략’으로 구성하였다. 이는 학습자들에게 보다 실제적이고 통합적인 문제 해결 경험을 제공하기 위한 것으로, 학습자의 내적 동기를 유발하고, 학습 전이를 촉진하기 위한 전략이라고 할 수 있다. 이 전략은 학습의 도입 단계에서 통합적 관점의 전체 과제를 학습자에게 가장 먼저 제시하는 것으로, 구성주의의 문제 중심 학습의 성격을 지니지만, 보다 직접적인 교수적 개입에 의해 학습자의 문제 해결 과정을 지원한다. 따라서 학습자의 인지적 부담을 효과적으로 감소시키고 학습 전이를 촉진할 수 있다. 또한 ‘전체 과제 중심 전략’은 학습이 진행됨에 따라 간단하고 쉬운 과제에서 점차적으로 복잡하고 어려운 과제의 순으로 과제를 제시하되, 지원과 안내는 과제 진행에 따라 점차적으로 감소시키는 전략을 사용함으로써, 학습자의 내적 동기를 유발한다. Csikszentmihalyi(1990) 몰입 모델에 의하면, 개인은 자신의 능력과 수준에 맞는 도전 과제를 수행할 때 최적의 정서 상태를 경험하게 되며, 이러한 경험은 내적 동기를 유발하게 된다[13].

둘째, 교수 학습의 단계는 사전 경험의 ‘활성화’, 학습 내용의 ‘시연’, 학습 내용의 ‘적용’, 학습 내용의 실제적 문제 해결로의 ‘통합’의 4단계로 구성하였다. 이는 Merrill(2007)이 제시한 효과적인 교수의 4단계 사이클을 따른 것으로, Merrill은 기존의 다양한 교수 모형 분석을 통해 학습자들이 이와 같은 4단계 사이클에 참여할 때 가장 효과적인 학습 산출이 이루어짐을 발견하였다[3].

셋째, 교수 학습의 형태는 교수 단계별 특성에 따라 적합한 형태로 설계하였다. 즉, ‘활성화’와 ‘시연’ 단계는 개별학습, ‘적용’과 ‘통합’ 단계는 협력학습 형태로 구성하였다. 이는 알고리즘 학습 자체의 어려움으로 인한 학습자의 내적 인지부하를 감소시키기 위한 것으로, 내적 인지부하는 보다 직접적인 교수적 처치에 의해 다루어지거나, 협력적 노력의 도입을 통해 극복할 수 있기 때문이다[3][28][29]. 또한 경쟁적 형태의 과제 수행보다 협력적 형태의 과제 수행은 학습자의 내적 동기를 유발하고 개인의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 줄 수 있기 때문이다.

<표 1> 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램

기간	교육과정 관련 영역	학습 개념	학습 과제	지원 정보	과정 정보	부분 과제 연습
1주		-	실습용 로봇 조립	로봇 구성요소 및 동작원리	로봇 조립도	-
2주-3주	문제와 문제해결과정 프로그래밍의 기초	자료의 입출력	안내 로봇 - 과제 1(사례 연구): 인사하는 로봇 - 과제 2(완성형 과제): 말하는 로봇 - 과제 3(전통적 과제): 안내 로봇	다양한 유형의 자료 입출력 방법	디스플레이 블록 사용법 사운드 블록 사용법	문자 출력 그림 출력 소리 출력
4주-5주		순차 처리	정확한 동작 수행 로봇 - 과제 1(모델링 예제): 이동 로봇 - 과제 2(과정 활동지): 회전 로봇 - 과제 3(전통적 과제): 이동과 회전 로봇	순차 처리 구조 로봇 회전 방식	이동 블록 사용법 모터 블록 사용법	전진 후진
6주-7주		조건 처리 반복 처리	센서 기반 동작 수행 로봇 - 과제 1(모방 과제): 정해진 경로 이동 로봇 - 과제 2(완성형 과제): 장애물 코스 주행 로봇 - 과제 3(전통적 과제): 장애물 코스 주행 로봇	조건 처리 구조 반복 처리 구조 센싱 방식	센서 장착 방법 센서 블록 사용법	선따라 이동 장애물 감지
7주-8주	알고리즘의 설계	변수와 자료형 다중 조건 처리 다중 반복 처리 병렬 처리	자율적 수행 행동 판단 및 병렬 동작 수행 로봇 - 과제 1(과정 활동지): 자율 이동 로봇 - 과제 2(완성형 과제): 상태 확인 및 안내 로봇 - 과제 3(전통적 과제): 학생 출석 확인 로봇	변수의 개념 병렬 처리 구조 알고리즘 설계 과정	변수 블록 사용법 연산 블록 사용법 병렬 처리를 위한 블록 조합 방법	병렬 동작 수행
9주-10주	자료의 정렬 자료의 탐색	정렬 및 탐색 알고리즘	자료 관리 로봇 - 과제 1(사례 연구): 자료 정렬 로봇 - 과제 2(사례 연구): 자료 탐색 로봇 - 과제 3(전통적 과제): 자료 정렬 및 탐색 로봇	정렬 알고리즘 탐색 알고리즘	비교 블록 사용법 파일 접근 블록 사용법	자료 비교 자료 찾기

넷째, 교수 학습 환경은 로봇의 활용을 통한 물리적 시뮬레이션 환경을 제공하였다. 이는 물리적 로봇을 통해 시각적이고 실제적인 경험을 제공함으로써 추상적인 알고리즘 학습을 강화하고 내적 동기를 유발하기 위한 것이다. 또한 학습 과제와 관련 정보의 통합적 제공을 위한 웹 기반 학습 환경을 구성하였다. 이는 관련 과제와 정보는 공간적으로 인접하고, 시간적으로 동시에 제공하는 것이 효과적이며[30], 종이를 통해 제시하는 것보다 컴퓨터를 통해 제시하는 것이 더 효과적이기 때문이다[31].

3.3 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램 개발

이러한 설계 원리에 따른 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램의 개발 절차는 다음과 같다.

먼저, 분석 단계에서는 2007 개정 교육과정의 중학교 '정보' 과목의 교육 내용을 토대로 알고리즘 학습의 전체 목표를 설정하고 해당 목표에 따른 학습 과제들을 계열화하였다. 또한 학습 과제 수행을 위해 요구되는 기술들을 분석하였다.

설계 단계에서는 분석 결과들을 토대로, 교수

학습 프로그램을 구성하는 학습 과제, 지원 정보, 과정 정보, 부분 과제 연습의 4가지 구성요소들을 설계하였다. 이러한 4가지 구성요소는 4CID(Four Components Instructional Design) 모형에서 제시한 복잡한 문제 해결 학습을 위해 잘 설계된 학습 환경이 갖추어야 할 요소에 해당한다[32].

개발 단계에서는 분석 및 구성 요소 설계 결과들을 토대로 10주(주당 2차시) 분량의 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램을 개발하였으며, 구성된 세부 학습 프로그램은 <표 1>과 같다.

4. 적용 및 결과 분석

4.1 연구가설

본 연구의 목적은 로봇 활용 알고리즘 학습 모형을 개발하고 해당 모형이 학습자의 내적 동기와 창의적 문제해결성향에 미치는 영향을 분석하고 하는 것이다. 이러한 연구 목적 달성을 위해 설정한 가설은 다음과 같다.

연구 가설 1: 로봇 활용 알고리즘 학습은 중학교 학습자의 내적 동기에 유의한 영향을 미친다.

연구 가설 2: 로봇 활용 알고리즘 학습은 중학교 학습자의 창의적 문제해결성향에 유의한 영향을 미친다.

4.2 연구대상

본 연구의 대상은 경기도에 위치한 S 중학교 1학년 1개 집단을 통제집단(24명)으로, 충북에 위치한 M 중학교 1학년 1개 집단(22명)을 실험집단으로 구성하였다.

4.3 연구설계

본 연구에서는 실험집단과 통제집단을 임의로 선정하여 실시하는 이질 통제집단 전후검사 설계를 사용하였다. 실험처치 전, 내적 동기와 창의적 문제해결성향에 관한 두 집단의 동질성 여부를 분석하기 위해 사전검사를 실시하였다. 이후, 실험집단은 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램을, 통제집단은 Visual Basic 활용 알고리즘 학습을 각각 20차시(10주)에 걸쳐 실시하였다. 실험처치 이후, 사후검사를 통해 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램의 효과를 분석하였다. 구체적인 연구의 실험설계는 다음과 같다.

실험집단	O ₁	X ₁	O ₂
통제집단	O ₃	X ₂	O ₄

O₁, O₃ : 사전 검사(내적 동기 및 창의적 문제해결성향 검사)
 X₁ : 로봇 활용 알고리즘 학습
 X₂ : Visual Basic 활용 알고리즘 학습
 O₂, O₄ : 사후 검사(내적 동기 및 창의적 문제해결성향 검사)

4.4 연구도구

4.4.1 내적 동기 검사

학습에 관한 내적 동기를 측정하기 위한 검사 도구로 Jackson & Marsh(1996)의 몰입수준 척도

(FSS: The Flow State Scale)를 수정하여 사용하였다[33]. 몰입은 개인이 학습이나 과제 수행 중에 느끼는 최적 경험의 상태로, 이러한 최적 경험은 내적으로 동기화된 보상 경험을 의미한다. 따라서 어떤 학습 활동에서 몰입을 경험하게 되면, 그 활동에 더욱 적극적으로 참여하게 되며 해당 활동을 지속하려는 내적 동기를 유발한다. 따라서 몰입수준의 측정은 학습에 관한 내적 동기를 설명하기에 적합하다고 할 수 있다. 해당 검사지는 36 문항, 5점 평정 척도로 구성되며, 가능한 점수 분포는 최고 180에서 최저 36이다. 본 연구의 검사지 신뢰도는 Cronbach α 값이 .79로 나타났으며, 구체적인 문항 구성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 몰입수준 검사지 문항 구성

하위요인		문항수
선행요소	명확한 목표	12
	구체적인 피드백	
경험요소	도전과 능력의 조화	12
	행위와 의식의 통합	
효과요소	과제에 대한 집중	12
	통제감	
	자의식의 상실	
시간감각의 왜곡		36
자기목적적 경험		
계		36

4.4.2 창의적 문제해결성향 검사

창의적 문제해결성향 검사는 강정하와 최인수(2006)에 의해 개발된 투자이론검사를 사용하였다[34]. 투자이론검사는 Sternberg와 Lubart의 '투자이론'을 통해 밝힌 6가지 자원의 하위요인들을 기초로 개발된 것으로 인지적, 정의적, 지식구성의 3가지 하위 요인, 31문항, 5점 평정 척도로 구성된다. 가능한 점수 분포는 최고 155에서 최저 31이다. 본 연구의 검사지 신뢰도는 Cronbach α 값이 .92로 나타났으며, 구체적인 문항 구성은 <표 3>과 같다.

<표 3> 투자이론 검사지 문항 구성

하위요인		문항수
인지적	문제인지, 문제정의, 문제표상, 시각적 표상, 전략선택, 평가, 통찰1: 실패 경험 활용, 통찰2: 유추와 은유, 통찰3: 연합, 확산적 사고, 지식의 재구성, 전반적·구체적 접근	13
정의적	자아실현욕구, 즐거움, 과제지향적, 목표지향적, 다양한 경험, 역할모델, 자유로운 환경, 문제상황 환경, 인내심, 개방성, 위험감수, 용기	14
지식 구성	전문지식, 지식활용, 수평적 지식구성, 조직화	4
계		31

5. 연구결과 및 논의

5.1 내적 동기

집단별 사전, 사후 내적 동기 측정 결과를 변량 분석하였으며, 그 결과는 <표 4>와 같다. 사전 검사 결과, 두 집단은 유의한 차이를 보이지 않아 동질집단임이 확인되었다. 반면, 사후 검사 결과의 경우, 실험집단과 통제집단이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=5.282, p=.026$).

<표 4> 집단별 사전·사후 내적 동기의 변량분석 결과

내적 동기	평균	표준편차	F	p
사전 검사	실험집단 (n=22)	113.64	.016	.900
	통제집단 (n=24)	113.21		
사후 검사	실험집단 (n=22)	122.27	5.282*	.026
	통제집단 (n=24)	113.75		

* $p < .05$

내적 동기 측정을 위한 몰입수준 검사는 3개의 하위요인으로 구분할 수 있으며, 이들은 서로 상관관계를 지닌다. 따라서 집단별 전체 내적 동기 수준의 차이 뿐 아니라, 하위요인별 차이 검증을 위해 다변량분석을 실시하였다.

<표 5> 집단별 사후 내적 동기 다변량분석 결과

변량원	평균	표준편차	단변량 F	p	η^2
실험집단 (n=22)	39.64	8.11	2.136	.151	.046
	통제집단 (n=24)	37.04			
경험 요소	40.91	5.80	1.507	.226	.033
	통제집단 (n=24)	39.25			
효과 요소	41.73	5.31	11.529**	.001	.208
	통제집단 (n=24)	37.46			
전체	122.27	16.86			
	통제집단 (n=24)	113.75			

Wilks' $\lambda = .387$ ($F=6.347^{***}, p=.000$)

* $p < .05$, ** $p < .01$

<표 5>에서와 같이, 다변량분석 결과, 실험집단과 통제집단이 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($\lambda = .387, p = .000$). 또한 집단에 따른 차이를 개별 종속변인별로 분석한 단변량 F검정을 실시한 결과, 하위요인 중에서 효과요소($F = 11.529, p = .001$) 요인에서 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

효과요소는 Csikszentmihalyi가 제시한 몰입의 9가지 구성요소 중 '자의식의 상실', '시간감각의 왜곡', '자기목적적 경험'의 3가지 요소로 구성되며, 몰입상태를 거친 이후 얻게 되는 개인의 내재적 보상 경험, 즉 내적 동기에 해당한다[35]. 따라서 이는 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램이 학습에 대한 내적 동기를 유발한 것으로 해석할 수 있다.

5.2 창의적 문제해결성향

집단별 사전, 사후 창의적 문제해결성향 측정 결과를 변량분석하였으며, 그 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향의 변량분석 결과

창의적 문제해결성향		평균	표준편차	F	p
사전 검사	실험집단 (n=22)	108.00	18.86	.464	.499
	통제집단 (n=24)	104.92	11.18		
사후 검사	실험집단 (n=22)	114.18	14.95	7.104*	.011
	통제집단 (n=24)	104.21	10.16		

* p < .05

사전 검사 결과, 두 집단은 유의한 차이를 보이지 않아 동질집단으로 나타났다. 반면, 사후 창의적 문제해결성향의 경우 실험집단과 통제집단이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F= 7.104, p= .011).

창의적 문제해결성향 검사는 인지적 요인, 정의적 요인, 지식구성 요인의 3가지 하위요인으로 구성되어 있으며, 이들은 서로 상관관계를 지닌다. 따라서 창의적 문제해결성향에 대한 하위요인별 차이 검증을 위해 다변량분석을 실시하였다.

<표 7> 집단별 사후 창의적 문제해결성향 다변량분석 결과

변량원	평균	표준편차	단변량 F	p	η^2	
인지적	실험집단 (n=22)	48.00	6.93	4.584*	.038	.094
	통제집단 (n=24)	44.21	5.00			
정의적	실험집단 (n=22)	51.91	6.63	9.156**	.004	.172
	통제집단 (n=24)	46.83	4.66			
지식 구성	실험집단 (n=22)	14.27	3.49	1.798	.187	.039
	통제집단 (n=24)	13.17	1.95			
전체	실험집단 (n=22)	114.18	14.95	7.104*	.011	
	통제집단 (n=24)	104.21	10.16			

Wilks' $\lambda = .796$ (F=3.580*, p=.022)

* p < .05, ** p < .01

<표 7>에서와 같이, 집단별 창의적 문제해결성향에 대한 다변량분석 결과, 실험집단과 통제집단이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($\lambda = .796$, p= .022). 집단에 따른 차이를 개별 종속변인별로 분석한 단변량 F검정 결과를 살펴보면, 창의적 문제해결성향의 하위요인 중 인지적 요인(F= 4.584, p= .038), 정의적 요인(F=9.156, p=.004)이 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다.

또한 각 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향 향상 정도가 통계적으로 유의미한지 알아보기 위해 대응표본 t검정을 실시하였으며 그 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 집단별 사전·사후 창의적 문제해결성향의 대응표본 t검정 결과

사전 창의적 문제해결성향 - 사후 창의적 문제해결성향					
	평균	표준편차	t	df	p
실험집단 (n=22)	-6.18	12.97	-2.235*	21	.036
통제집단 (n=24)	.71	9.20	.378	23	.709

* p < .05

위 결과를 살펴보면, 로봇 활용 알고리즘 학습 집단의 경우, 전체 창의적 문제해결성향 점수의 향상(M= -6.18, p= .036)이 유의한 것으로 나타났다.

<표 7>과 <표 8>의 결과를 종합해보면, 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램이 학습자의 창의적 문제해결성향을 향상시킨 것으로 해석할 수 있으며, 특히 인지적 요인과 정의적 요인 향상에 유의한 영향을 준 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 로봇 활용 알고리즘 학습이 학습자의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 요인으로 작용할 수 있음을 의미한다.

6. 결 론

본 연구에서는 개정 정보 교육과정의 시행에 앞서 알고리즘 학습을 위해 효과적인 교수 학습 도구의 선택과 활용 방안을 제시하고자 하였다.

알고리즘과 같은 추상적 개념은 구체적인 사례로 묘사되거나 시연되는 것을 관찰할 수 있을 때

학습이 증진되며, 추상적 개념을 다양한 문제 해결 상황에 적용해 보는 과정을 통해 증진된다 [2][3]. 따라서 교육용 프로그래밍 언어나 교육용 로봇과 같은 도구를 활용한 알고리즘의 구현 및 시연은 학습을 증진시킬 수 있다. 또한 특별한 하드웨어와 소프트웨어를 사용하지 않고, 놀이나 게임 활동을 통해 알고리즘의 추상적 개념을 시연해 보는 방법의 경우, 특정 도구 활용법 습득을 위한 인지적 부담을 감소시킬 수 있다. 그러나 이러한 방법은 알고리즘의 복잡성을 모두 다루기 어렵다는 단점이 있다. 교육용 프로그래밍 언어의 경우, 가상의 풍부한 멀티미디어 프로그래밍 환경을 제공하지만, 실제적 문제 해결 경험을 제공하지 못하고 오개념을 유발할 수 있다는 단점이 있다. 따라서 알고리즘 학습 지원을 위해 효과적인 도구로 교육용 로봇을 선택하고 로봇의 활용 효과를 최대화하기 위한 교수 학습 전략을 개발하였다. 개발한 전략들은 알고리즘 학습에 대한 내적 동기 유발과 교육과정에서 제시하고 있는 알고리즘 교육의 궁극적인 목표인 창의적 문제해결력 향상을 위한 전략으로 구성하였으며, 중학교 학습자의 인지적 발달 특성과 알고리즘 학습을 처음 접하는 초보 학습자라는 특성을 반영하였다.

해당 전략을 반영한 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램을 실제 교육현장에 적용한 결과 학습자의 내적 동기와 창의적 문제해결성향에 대한 유의한 효과를 확인하였다.

알고리즘 학습에 대한 내적 동기의 경우, 로봇 활용 알고리즘 학습을 진행한 실험집단이 일반 프로그래밍 언어를 활용한 알고리즘 학습을 진행한 통제집단에 비해 내적 동기가 유의하게 높은 것을 확인하였다.

창의적 문제해결성향의 경우, 내적 동기와 마찬가지로 실험집단이 통제집단에 비해 유의하게 높은 것을 확인하였으며, 창의적 문제해결성향의 하위요인 중 인지적 요인과 정의적 요인에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 창의적 문제해결성향의 사전·사후 차이 검증 결과, 실험집단의 창의적 문제해결성향이 유의한 향상을 보였음을 확인하였다.

이러한 연구 결과들을 종합해 보면, 본 연구에서 개발한 로봇 활용 알고리즘 학습 프로그램은

학습자의 내적 동기 및 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 요인으로 작용할 수 있음을 의미한다. 단, 창의적 문제해결력의 경우, 창의적 문제해결성향과 더불어 실제적인 문제해결능력을 종합적으로 검토한다면 창의적 문제해결력 향상을 위한 보다 효과적인 교수 학습 설계가 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 정미연 (2008). Squeak 기반 알고리즘 학습이 학습자 문제해결능력에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- [2] Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., & Marra, R. M. (2003). *Learning to Solve Problems with Technology: A Constructivist Perspective*. NJ: Merrill Prentice Hall.
- [3] Merrill, M. D. (2007). First principles of instruction: A synthesis. In Reiser, R. A., & Dempsey, J. V. (Eds.), *Trends and Issues in Instructional Design and Technology 2nd Edition*(pp.62-71). NJ: Prentice Hall.
- [4] Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
- [5] 이은경·이영준 (2008). Scratch 활용 프로그래밍 교육이 중학생의 물입수준과 프로그래밍 능력에 미치는 영향. *중등교육연구*, 56(2), 359-382.
- [6] Bell, T.C., Bensemann, G., & Witten, I. H. (1995). Computer Science Unplugged: Capturing the interest of the uninterested. *Proc NZ Computer Conference*(pp.209-214), Wellington, New Zealand, August, *Journal of Computing*, 6(1B).
- [7] 권은정 (2008). 놀이를 통한 알고리즘 개념 학습이 학습 동기 및 학업 성취도에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교.
- [8] 김경훈·이원규·김성식·강신천·강의성·김영식·유현창 (2007). 중학교 교과과량활동 I (한문, 정보, 환경) 교육과정해설 연구개발. 연구보고 CRC 2007-24. 한국교육과정평가원.
- [9] Tucker, A., Deek, F., Jones, J., McCowan, D., Stephenson, C., & Verno, A. (2003). A

- Model Curriculum for K-12 Computer Science: Report of the ACM K-12 Education Task Force Computer Science Curriculum Committee.* NY: Association for Computing Machinery.
- [10] 오세인 · 박정호 · 이태욱 (2007). squeak 언어를 적용한 실업계 고등학교 프로그래밍 수업이 논리적 사고력 향상에 미치는 영향. 2007년도 동계 컴퓨터교육학회 · 정보교육학회 공동학술발표논문집, 11(1), 99-103.
- [11] 정미연 · 이은경 · 이영준 (2008). Squeak Etoys 활용 알고리즘 학습이 중학생의 문제해결력에 미치는 영향. 대한공업교육학회지, 33(2), 170-191.
- [12] Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. (2008). New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59-69.
- [13] Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.
- [14] Bos, N. (2005). What do game designers know about scaffolding? borrowing SimCity design principles for education. *Technical Report for the CILT PlaySpace working group*.
- [15] Blank, D. (2006). Robots make computer science personal [Electronic Version]. *Communications of the ACM*, 49, 25-27.
- [16] Barnes, D. J. (2002). Teaching introductory Java through LEGO MINDSTORMS models. *ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 34(1), 147-151.
- [17] Milrad, M. (2002). Using Construction Kits, Modeling Tools and System Dynamics Simulations to Support Collaborative Discovery Learning. *Educational Technology and Society*, 5(4), 76-87.
- [18] Spector, J. M. (2000). System dynamics and interactive learning environments: Lessons learned and implications for the future. *Simulation and Gaming*, 31(4), 178-196.
- [19] Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. NY: Basic Books.
- [20] Csikszentmihalyi, M. (1999). Implications of a systems perspective for the study of creativity. In Sternberg, R. J. (Ed), *Handbook of creativity*(pp.313-335). NY: Cambridge University Press.
- [21] Fagin, B. S., & Merkle, L. S. (2003). Measuring the effectiveness of robots in teaching computer science. *ACM SIGCSE Bulletin, Proceedings of the 34rd SIGCSE technical symposium on Computer science education*, 35(1), 307-311.
- [22] 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. *Journal of Educational Technology and Society*, 9(3), 182-194.
- [23] 배영권 (2007). 성별의 차이를 고려한 로봇프로그래밍 교수전략에 관한 연구. 컴퓨터교육학회논문지, 10(4), 27-37.
- [24] 배영권 (2006). 창의적 문제해결력 신장을 위한 유비쿼터스 환경의 로봇프로그래밍 교육 모형. 박사학위 논문, 한국교원대학교.
- [25] FIRST LEGO League (2008). December 1, 2008, from <http://www.firstlegoleague.org>
- [26] Onishi, Y., Tominaga, H., Hayashi, T. & Yamasaki, T. (2006). Exercise Analysis and Lesson Plan with Robot Behavior in LEGO Programming Contest for Problem Solving Learning. In *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2006* (pp.1943-1951). Chesapeake, VA:AACE.
- [27] 이영준 · 이은경 (2007). 로봇 프로그래밍 학습이 문제해결력에 미치는 영향. 컴퓨터교육학회논문지, 10(6), 19-27.
- [28] Hinsz, V. B., Tindale, R. S., & Vollrath, D. A. (1997). The emerging conceptualization of groups as information processors. *Psychological Bulletin*, 121, 43-64.
- [29] 김종백 (2004). 공학교육에서 협력학습의 인지적 정의적 효과. 교육심리연구, 18(4), 51-64.

- [30] Mayer, R. E. (2006). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In Mayer, R. E. (Ed.) *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*(31-48). NY: Cambridge University Press.
- [31] Cerpa, N., Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Some conditions under which integrated computer-based training software can facilitate learning. *Journal of Educational Computing Research*, 15, 345-367.
- [32] Van Merriënboer, Jeroen J. G., & Kirschner, P. A. (2007). *Ten Steps to Complex Learning: A Systematic Approach to Four-Component Instructional Design*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [33] Jackson, S. A., & March, H. W. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The flow state scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 18(1), 17-35.
- [34] 석임복 · 강이철 (2007). Csikszentmihalyi의 몰입 요소에 근거한 학습 몰입 척도 개발 및 타당화 연구. *교육공학연구*, 23(1), 121-154.
- [35] Chen, H., Wigand, R. T., & Nilan, M. (1999). Optimal experience of Web Activities. *Computers in Human behavior*, 15(5), 585-608.



이 은 경

1998 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2005 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 박사과정
관심분야 : 정보교육, 로봇프로그래밍, 학습과학
E-Mail : soph76@hitel.net



이 영 준

1988 고려대학교 전산과학과
(이학사)
1994 미국 미네소타대학교
(전산학 Ph.D.)

현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야 : 정보통신교육, 지능형시스템, 학습과학
E-Mail : yjlee@knue.ac.kr