

전문계 고등학교 학습자의 동기 유발 및 지속을 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형

정웅열[†] · 이은경^{††} · 이영준^{†††}

요 약

교육용 로봇은 학습자들에게 흥미를 제공하고, 참여와 동기를 증진시킨다는 점에서 많은 잠재력을 가지고 있지만, 로봇의 사용이 반드시 효과적이고 성공적인 학습을 이끄는 것은 아니므로, 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경과 학습 참가자들의 특성을 고려한 교수 학습 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 전문계 고등학교 학습자의 동기를 유발하고 지속시키기 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형을 개발하였다. 먼저, 선행 연구 문헌 분석을 통해 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경과 전문계 고등학교 학습자들의 특성을 파악하였다. 이러한 특성을 기반으로 델파이 연구를 진행하여 동기부여 전략을 추출하고 적용 방법을 개발하였다. 전문계 고등학교 학습자들을 위하여 개발된 교수 학습 모형은 5개 구성요소 및 21개 전략을 포함한다.

주제어 : 교육용 로봇, 로봇 프로그래밍 교육, 학습 동기

A Robot Programming Teaching and Learning Model to Stimulate and Maintain Professional High School Student's Learning Motivation

Ung-Yeol Jung[†] · Eun-Kyoung Lee^{††} · Young-Jun Lee^{†††}

ABSTRACT

Educational robots have various potentialities to support programming learners because it is interesting enough to improve the learners' participation and motivation. Nonetheless, some researches assert that the use of educational robot does not necessarily lead to effective and successful learning. With respect to these serious problems, the researchers are emphasizing that it is needed to overcome the probable 'Novelty Effect' by means of considering specific features of the robot programming environment and the participants. We analyzed and found some features of robot programming teaching and learning environment and professional high school students through reviewing of the literatures, and then conducted delphi research to abstract motivational strategies and to develop their applying methods with the specific features. We developed a robot programming teaching and learning model for stimulating and maintaining professional high school student's motivation, which includes 5 factors and 21 strategies.

Keywords : Educational Robots, Robot Programming Education, Learning Motivation

† 정 회 원: 경기 장호원고등학교 교사
 †† 종신회원: 경기 청운중학교 교사
 ††† 종신회원: 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
 논문접수: 2009년 6월 24일, 심사완료: 2009년 7월 27일
 * 이 논문은 한국교원대학교 2009학년도 KNUe 학술연구비 지원을 받아 수행하였음

1. 서 론

프로그래밍 교육은 일반적으로 분석력, 논리력, 응용력, 창의력, 이해력, 통찰력, 사고력, 예측력, 조직력, 판단력, 문제해결력 등 다양하고 고차원적인 학습자 인지능력에 긍정적인 효과를 끼치는 것으로 알려져 있다. 그러나 프로그래밍의 과정에서 요구되는 논리적 사고력과 추상적 개념을 기반으로 하는 추론 과정은 학습자에게 매우 어려운 과정으로 인식되어, 학습자의 학습과 교수자의 교수 활동을 어렵게 한다[1]. 특히, 프로그래밍 언어는 각기 다른 문법 구조와 제약 조건을 가지고 있으며, 이러한 특성은 적절한 도구 선택 및 사용의 어려움을 부가하여 학습자나 교사 모두에게 학습 외적인 부담으로 작용하여 왔다. 이러한 문제는 프로그래밍을 학습하는 학습자의 학습 의욕 및 동기를 감소시키고 지속적인 동기 유발의 장애가 됨은 물론, 프로그래밍 교육의 가치에 대한 논란의 원인이 되고 있다[2].

최근 프로그래밍 학습 과정에서 학습자가 갖게 되는 인지적 부담을 줄이고, 보다 본질적인 학습 목표에 충실할 수 있도록 돕기 위해 교육용 프로그래밍 언어와 교육용 로봇이 주로 활용되고 있다. 이러한 도구들은 특히 프로그래밍 입문 단계의 학습자들에게 보다 긍정적인 효과를 보이는 것으로 알려져 있는데, 스킵 이토이나 스크래치와 같은 교육용 프로그래밍 언어는 학습자에게 편리한 학습 환경을 제공하며, 시각적이고 즉각적인 피드백을 제공한다. 교육용 로봇을 프로그래밍 도구로 활용할 경우, 이는 가상의 시뮬레이션 환경을 넘어 물리적 환경에서의 직접적인 수행 경험을 제공함으로써, 추상적이고 개념적인 학습을 구체적이고 실험적인 학습으로 전환시킬 수 있다[3].

그러나 일부 연구들은 로봇 프로그래밍 교육의 효과에 대해 의문점을 제기하고 있다. 교수 학습 상황 및 교수 자료 등의 요소를 면밀히 고려하지 않고 단순히 교수자의 노력과 능력만을 따르게 될 때 로봇 활용 교육에 대한 학습자 동기와 태도 등에서 의미 있는 결과를 얻지 못할 수도 있다[4]. 뿐만 아니라, 학습자 특성을 고려하지 않은 교수 설계의 경우, 학습동기 및 태도 측면에서 다

양한 학습자의 학습 효과를 얻지 못하거나, 부정적인 결과를 얻을 수 있다[5]. 예를 들어 성별 등 학습자 특성에 따라 학습 효과에 차이가 있으며, 특히 여학생의 경우 오히려 흥미가 감소하였다는 결과도 보고되고 있다[6].

또한 학습 환경이 학습 상황에 적합하게 설계되지 않은 경우에도 이와 같은 부작용이 생길 수 있다. 예를 들어, 로봇 프로그래밍 시뮬레이션 환경이 부족하거나 열악한 경우, 학습자들은 로봇을 활용한 프로그래밍 학습이 어렵고 복잡하다고 생각할 수 있으며, 이것이 결과적으로 교육적 효과를 얻는데 방해가 될 수 있다는 것이다[7].

로봇 프로그래밍 교육의 선행 연구자들은 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이 가진 여러 효과들 중 특히 학습 동기 향상에 주목한다. 단순히 로봇 자체가 가진 매력적인 특성만으로도 어느 정도의 학습 흥미와 호기심을 유발할 수 있으며, 학업 성취 향상을 기대할 수 있기 때문이다.

그러나 로봇 자체에 대한 흥미나 호기심이 지속적 학습 동기 유발과 완전 학습을 보장하는 불변의 유인자가 될 수 없으며, 단지 피상적이고 일시적인 것에 불과할 수 있다. 이는 마치, 화려한 화면과 음향, 동영상상으로 구성된 멀티미디어가 외적인 흥미를 자극할 수는 있으나, 학습자 개인의 내적인 학습 욕구를 유발하거나 지속시키는데 많은 한계를 갖고 있는 것과 같은 이치로서, 학습자가 새롭고 특이하거나 신기한 테크놀로지에 대해 일시적인 관심을 보이는 '신기 효과'로 전락할 수 있기 때문이다[8].

따라서 로봇이 프로그래밍 교육을 위한 단순 보조 도구로 활용되는 것을 경계하고 로봇과 학습자의 특성을 고려한 교수 학습 설계에 노력해야 한다[3]. 특히 학습에 있어서 로봇이 주는 내적 동기는 로봇이 주는 것이 아니라, 학습자 스스로가 제공하는 것임에 주목해야 한다[9][10]. 따라서 로봇이 주는 신기 효과에 만족하기보다는 그것을 기반으로 학습자의 자발적 흥미와 참여를 유도하는 교수 학습 설계가 필요하다[11].

이와 같은 관점에서 본 연구는 프로그래밍 교육이 가지는 다양한 교육적 효과를 달성하기 위한 로봇 활용 교육에서, 학습자의 동기를 유발하고 지속시키는 방법을 마련하고자 하였다. 단, 선

행 연구 분석 결과 학습자 대상을 고려한 설계가 필요하다고 판단하여 상대적으로 학습 능력 및 동기 수준이 낮은 전문계 고등학교 학습자들을 연구 대상으로 선정하였다.

2. 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형의 개발

2.1 모형 개발 방법과 절차

본 연구에서는 전문계 고등학교 학습자의 동기 유발 및 지속을 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형을 개발하였으며, 개발 절차는 다음과 같다.

먼저, 관련 연구 문헌 분석을 통해 로봇 프로그래밍 학습 환경과 전문계 고등학교 학습자의 특성을 분석하였다.

다음으로, 분석된 로봇 프로그래밍 학습 환경의 특성을 토대로 델파이 연구를 실시하였으며, 이에 따라 동기부여 전략 및 적용 방법을 개발하였다.

마지막으로, 전문가 검증을 통해 각 전략별 적용 방법에 따라 전문가 고등학교 학습자의 특성을 선택적으로 고려하여 전략의 가감 여부를 결정하고, 타당성을 검토하였다. 최종적으로 추출한 전략을 토대로 교수 학습 모형을 완성하였다.

2.2 관련 연구 문헌 분석

2.2.1 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경의 특성

로봇 프로그래밍 학습과 관련된 선행 연구 결과들을 분석하였으며, 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 로봇 프로그래밍 과정은 상호작용적 학습 환경을 제공한다. 학습자는 흥미로운 인공물인 로봇을 비롯하여, 교사 및 다른 학습자들과 끊임없이 상호작용하게 된다. 이러한 상호작용을 기반으로 발생하는 다양한 형태의 즉각적이고 감각적인 피드백 및 표상은 학습자의 흥미와 관심을 유발할 수 있다[2][3][5].

둘째, 로봇 프로그래밍 과정은 체험적 학습 환경을 제공한다. 실세계를 물리적으로 모델링한 학습 환경은 직·간접적인 체험을 통한 학습을 가

능하게 한다. 이는 학습자에게 매우 흥미로운 학습 환경이며 자발적이고 창의적인 프로그래밍 학습을 유발할 수 있다[2][3][5].

셋째, 로봇 프로그래밍 과정은 협력적 학습 환경을 제공한다. 소집단 활동을 통해 학습자들은 구성원들과 끊임없이 협력하며 결과물을 완성해 나간다. 이러한 학습 과정은 구성원간의 적극적 참여를 유도하고 만족감을 제공할 수 있으며, 바람직한 학습 태도를 형성하는데 효과적이다[4][5][12].

넷째, 로봇 프로그래밍 과정은 성찰적 학습 환경을 제공한다. 프로그래밍 과정 자체가 오류 수정 과정을 통해 성찰적 사고를 유발하지만, 인지 부담이 적은 학습 환경에서 보다 실제적인 제약을 통해 발생하는 오류를 수정해 나감으로써 인지적 갈등이 극대화되며 학습 의욕이 향상될 수 있다[2][13].

다섯째, 로봇 프로그래밍 과정은 놀이중심적 학습 환경을 제공한다. 마이크로월드를 지향하는 학습 환경은 놀이를 통한 학습을 지원한다. 학습자들은 로봇을 활용한 다양한 형태의 흥미로운 게임에 적극적으로 참여하고 강화를 제공받을 수 있다[2][5].

여섯째, 로봇 프로그래밍 과정은 통합 학습 환경을 제공한다. 간학문적인 로봇의 성격은 다양한 학문 분야에 대한 학습자의 접근을 용이하게 한다. 이를 통해 프로그래밍은 물론, 컴퓨터과학 및 공학에 대한 긍정적 태도를 형성하고 지적 호기심을 유발할 수 있다[2][12][13].

2.2.2 전문계 고등학교 학습자의 특성

전문계 고등학교는 직업적 소양 및 능력을 갖춘 전문 인력의 양성을 목표로 체계적인 직업교육을 담당하는 중등 교육기관이다. 학생들이 함양하게 되는 전문적 지식의 성격에 따라 정보산업, 인터넷, 그래픽, 로봇 산업, 상업, 농업 등 다양한 계열이 존재하며, 각 계열과 관련된 다양한 이론 및 실습 교육이 진행된다[14][15]. 최근에는 기존의 단순 기능공 양성 교육에서 벗어나 평생교육 체제 하에서 사회변화에 능동적으로 대응할 수 있는 능력 있는 인재를 배출하기 위해 노력하고

있다.

그러나 많은 전문계 고등학교에서는 입학 자원의 변화, 사회적 인식 및 가치관, 과열된 대학 입시 경쟁, 산업 및 직업 구조의 변화 등으로 인해 교육과정의 운영 및 교육목표 달성에 상당한 어려움을 겪고 있다. 전문계 고등학교의 학습자는 적성과 소질을 고려하지 않은 채 입학하는 경우가 많으며, 대체적으로 학교에 대한 부정적 인식을 갖고 있다. 학습능력이 부족하여 학습에 깊은 관심을 보이지 않거나 중도 탈락하는 사례가 많으며, 특히 사회 구조의 변화로 인해 취업보다는 진학을 하는 경향이 심하다[14].

또한, 만성적인 동기저하를 유발하는 학습된 무기력으로 인해 학업에 대한 흥미가 낮으며, 취업보다는 진학을 목표로 하므로 전문 교과와의 관련성이 매우 낮다고 인식하는 경향이 늘어나고 있다. 또한 학습 태도에 있어서 기초학력이 요구되는 보통교과보다는 전문교과 교사에게 상대적으로 호감을 가지며, 이론 수업보다는 실습 수업에서 집중률이 높다. 그러나 이론 수업이라 할지라도 학생 중심의 활동적 수업에서는 적극적인 참여와 높은 흥미를 보이는 것으로 알려져 있다. 학습 양식의 측면에서 이들은 논리적이고 추상적인 개념의 이해에 매우 어려움을 보이는 반면, 구체적이고 상황적인 학습을 선호한다. 또한 체험을 통한 학습과 실외 실습을 더 선호하는 경향이 있다[16].

2.3 델파이 연구

본 연구에서는 로봇 프로그래밍 학습에서의 전문계 고등학교 학습자의 동기 유발 및 지속을 위한 전략을 개발하고자 하였다. 따라서 다양한 연구자 및 교수 학습 설계자들의 활발한 의사소통을 기반으로 보다 다양하고, 타당한 전략을 개발하기 위해 델파이 연구 방법을 사용하였다.

2.3.1 연구 대상 및 절차

본 델파이 연구의 대상은 로봇 프로그래밍 교육과 관련된 전문성을 갖춘 교사 집단이다. 이를 위해 각 시·도 교육청별 교과 연구회 및 로봇

교사 연구회 등 다양한 단체의 전문가 21명을 선발하였다. 전문가 집단의 패널들은 총 3차에 걸친 검사에 모두 참여하였으며, 모든 검사지와 응답지는 이메일을 통해 배부되고 회수되었다. 전문가 집단의 일반 특성은 <표 1>과 같다.

<표 1> 전문가 집단의 특성

인원		성별		경력(평균)	
선정	참여	남	여	교육 경력	로봇 프로그래밍 교육 경력
21명	21명	15명	6명	7년 4개월	1년 9개월

구체적인 연구 절차는 <표 2>와 같다.

<표 2> 델파이 연구 절차

순서	방법
①	· 일정 자격 조건 이상을 갖춘 전문가 패널 선발
②	· 로봇 프로그래밍 학습 환경의 특성에 적합한 동기부여 전략을 추출하기 위한 델파이 1차 설문 문항(개방형 6문항) 개발 및 설문 조사
③	· 델파이 2차 설문 문항(동기부여 전략의 타당성 검증: 폐쇄형 31문항, 교수·학습 적용 방법 개발: 폐쇄형 31문항) 개발 및 설문 조사
④	· 델파이 3차 설문 문항(동기부여 전략의 타당성 검증: 폐쇄형 31문항, 교수·학습 적용 방법 개발: 폐쇄형 31문항) 개발 및 설문 조사
⑤	· 응답결과를 분석하여 동기부여 전략을 추출

2.3.2 분석 방법 및 결과

1) 델파이 1차

1차 질문지는 문헌 분석을 통해 파악한 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경의 특성을 기반으로 작성하였다. 이는 학습자의 동기를 유발하고 지속시키기 위한 전략이 무엇인지에 관해 묻는 6개의 개방형 문항으로 구성된다.

앞서 분석하였던 로봇 프로그래밍 학습 환경의 특성은 <표 3>과 같으며, <그림 1>은 이를 토대로 개발된 1차 질문지의 예를 나타낸 것이다. 질문지에는 전문가 집단의 이해를 돕기 위해 본 연구의 취지와 방향, 학습동기 및 로봇 프로그래밍

에 관한 참고 자료를 함께 제공하였다.

개방형으로 진행된 1차 검사 결과, 로봇 프로그래밍 학습 환경의 특성을 고려하여 학습자에게 동기를 부여하기 위한 다양한 방법들이 제시되었다. 이들 중 유사하거나 동일한 방법들을 통합하여 5가지 전략 요소 및 31개의 세부 전략을 도출하였다.

<표 3> 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경의 특성

상호작용적 학습 환경	체험적 학습 환경
협력적 학습 환경	반성적 학습 환경
놀이 중심적 학습 환경	통합적 학습 환경

■ 체험적 교수·학습 환경

- 체험을 통한 학습은 동기를 유발하고 지속시킬 수 있습니다.
- 로봇 프로그래밍 환경을 체험적 교수·학습 환경이라고 할 때, 학습자에게 동기를 부여하기 위한 전략들을 자유롭게 기술하여 주십시오.
(ex. 친근감 있고 현실성 있는 로봇 설계, 선서를 이용한 다양한 측정 실험 학습 등)



<그림 1> 델파이 1차 질문지의 예시

2) 델파이 2차

2차 검사는 1차 검사 결과 도출한 5개 전략 요소 및 31개의 세부 전략에 대한 타당성을 검증하고, 교수 학습 적용 방법(필수적용, 선택적용)을 파악하기 위한 전문가 합의 과정이다. 2차 질문지는 1차 검사 결과 도출된 항목들을 5점 평정 척도 구성하였다. 또한, 학습 환경의 특성과 학습자 특성을 모두 고려하고자 하는 본 연구의 목적에 따라 교수 학습 적용 방법 개발을 위한 검사를 동시에 진행하였다. <그림 2>, <그림 3>은 개발된 2차 질문지의 일부를 나타낸 것이다.

■ 학습지 동기부여 가능성

- 다음은 1차 응답지에서 분석된 동기부여 전략들이 로봇 프로그래밍 학습자의 동기를 유발하는가에 대한 귀하의 의견을 묻기 위한 것입니다. 각 교수·학습 상황과 전략을 살펴보고 해당 전략이 학습자 동기 유발에 미치는 영향을 표시(✓)하여 주십시오.

①	학습목표 제시	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	대체로 그렇다	매우 그렇다
1	가치롭고 의미있는 실세계의 문제상황 제시					
2	구체적이고 명확한 학습목표 제시					

<그림 2> 델파이 2차 질문지 예시 - 동기부여 전략의 타당성 검증

■ 교수·학습 과정에의 적용 방법

- 로봇 프로그래밍 학습자의 동기를 유발하기 위해 다음의 전략들을 모든 수업마다 필수적으로 적용해야 하는지, 교수·학습 상황에 따라 선택적으로 적용할 수 있는지에 대한 의견을 밝혀 주십시오.

①	학습목표 제시	필수	선택
1	가치롭고 의미있는 실세계의 문제상황 제시		
2	구체적이고 명확한 학습목표 제시		

<그림 3> 델파이 2차 질문지 예시 - 교수 학습 적용 방법

3) 델파이 3차

2차 설문 응답 결과의 빈도분석 및 기술통계분석을 기반으로 3차 질문지를 제작하였다. 3차 질문지는 2차 질문지와 동일한 문항으로 제작되었으며, 2차 검사 결과에 대한 본인의 응답 및 전문가 집단 전체의 응답에 대한 분석 결과를 피드백으로 제공하였다.

2.4 교수 학습 전략의 추출

델파이 연구의 최종 검사 결과를 토대로 전문가 집단의 응답 중 '4. 그렇다'와 '5. 매우 그렇다'의 응답률 합계가 50% 이상인 전략만을 추출하였다. 그 결과로 5개의 전략 요소 및 25개의 세부 전략이 추출되었다.

또한, 동시에 진행된 교수 학습 적용 방법 개발을 위한 연구 결과, 25개의 전략 중 필수적으로 적용해야 하는 전략(15개)을 제외한 나머지 10개의 전략이 학습 상황에 따라 선택적으로 적용할 수 있음을 파악하였다. 이러한 과정을 통해 개발한 동기유발 전략 및 적용 방법은 <표 4>와 같다.

<표 4> 로봇 프로그래밍 학습자 동기부여 전략 및 적용 방법

학습목표 제시	적용 방법
· 가치 있고 의미 있는 실세계의 문제상황 제시	필수
· 구체적이고 명확한 학습목표 제시	필수
학습과제 선정 및 구성	적용 방법
· 학습자의 행동이나 조작을 통해 로봇을 제어 하는 과제 선정	필수
· 다양한 센서들을 이용한 탐구학습 과제 선정	필수
· 시행착오 유도, 현실적 제약조건 제시 등 인지갈등들을 극대화 할 수 있는 과제 구성	필수
· 정답보다는 최선답을 가지는 과제 선정	선택
· 풀이된 예제 원리를 활용하여 선행과제 구성	선택
· 인간의 행동을 모방한 로봇을 설계하고 조작 하는 과제 선정	선택
학습과제 수행	적용 방법
· 동료학습자로서의 교사 역할 수행	필수
· 자세한 설명보다는 직접 체험을 통해 학습할 수 있도록 학습 분위기 조성	필수
· 학습자의 흥미와 취향에 맞는 로봇을 자유롭게 설계	선택
· GUI기반의 시각화 프로그래밍 도구 활용	선택
· 로봇 시뮬레이션 프로그래밍 도구를 대안적으로 활용	선택
· 오류수정의 기회를 충분히 제공	필수
· 탐구보고서, 활동지 등 인지 도구 활용	선택
· 교수자의 적절한 개입을 통해 학습된 무기력을 예방	필수
· 누적 포인트, 토너먼트 등 경쟁을 통한 학습	선택
· 학습능력, 리더십, 친화력 등을 고려하여 팀 구성	필수
· 개별 학습자에게 역할을 부여하여 책임감 및 전문성을 갖도록 함	필수
반성 및 평가	적용 방법
· 발표 및 평가 과정을 통해 피드백 제공	필수
· 협력적 태도, 수행과정, 구체적 결과물 등에 대해 외적 강화물 제공	필수
응용 및 확장	적용 방법
· 자유롭고 충분한 토론이 가능한 환경 조성	필수
· 멀티미디어를 적극적으로 활용하여 통합적 사고 유도	선택
· 실세계의 사례와 관련지어 생각해보기	필수
· 로봇 공학의 현재와 미래 응용 분야 고찰 및 전망	선택

2.5 교수 학습 모형의 개발

본 연구에서 개발하고자 하는 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형은 학습 환경의 특성뿐만 아니라 학습자의 특성을 고려하였다. 이는 학습자 집단의 특성이 학습 상황 및 학습 결과를 결정하는 중요한 변인이 될 수 있기 때문이다. 전문계 고등학교 학습자의 특성을 학습 능력, 학습 동기, 학습 태도 및 학습 양식으로 분석한 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 전문계 고등학교 학습자의 특성

구분	특징
학습 능력	· 학업능력이 저조함 · 학습에 깊은 관심을 보이지 않거나 중도 탈락 하는 사례가 많음
학습 동기	· 학습된 무기력(learned helpless)으로 인해 학습 흥미가 낮음 · 진학을 목표로 하므로, 전문교과에 대한 인식이 부정적임
학습 태도	· 기초학력이 요구되는 보통교과보다는 전문교과 교사를 선호함 · 이론 수업보다는 활동 중심의 실습수업에 집중하는 경향이 강함
학습 양식	· 논리적이고 추상적 개념의 이해에 매우 큰 어려움이 있음 · 체험을 기반으로 하는 구체적이고 상황적인 학습을 선호함

불필요하게 많거나 적합하지 않은 동기부여 전략은 학습자 동기에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 선택 적용이 가능한 전략에 한해, 전문계 고등학교 학습자의 특성을 기반으로 적용 여부를 검토하였다. 검토 과정에 대한 타당도를 높이기 위해 사전에 자연관찰법을 통해 학습자들을 관찰하였으며, 전문가 및 학습자들과의 표준화된 개방형 면담을 진행하였다.

문헌 분석, 델파이 연구 및 전문가 검증을 통해 최종적으로 5개의 구성 요소 및 21개의 동기부여 전략으로 구성된 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형을 개발하였으며 구체적인 내용은 <표 6>과 같다.

<표 6> 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형 및 동기부여 전략

①	학습목표 제시	
①-1	가치 있고 의미 있는 실세계의 문제상황 제시	우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 실제 로봇을 학습자에게 제시함으로써, 학습 목표에 대한 가치와 의미를 부각함
①-2	구체적이고 명확한 학습목표 제시	구체적이고 명확한 학습목표를 제시하여, 학습자 스스로 학습목표를 개념화할 수 있도록 도움
②	학습과제 선정 및 구성	
②-1	학습자의 행동이나 조작을 통해 로봇을 제어하는 과제 선정	목소리, 손뼉 또는 리모컨 등 학습자에 의해 통제가 가능한 로봇을 프로그래밍 하는 과제를 선정하여, 학습자의 적극적 참여를 유발함
②-2	다양한 센서들을 이용한 체험적 과제 선정	센서를 활용한 과제를 통해 다양한 소리 지르기, 키 채기 등 활발한 체험적 활동을 유발할 수 있음
②-3	인지갈등을 극대화 할 수 있는 과제 구성	시행착오를 유도하거나 현실적인 제약 조건을 제공함으로써, 학습자의 인지갈등을 극대화하고 학습 의욕을 북돋움
②-4	정답보다는 최선답을 가지는 과제 선정	정확한 답을 가지고 과제 보다는 학습목표를 지원하는 범위에서 학습자의 반성적 사고를 유발할 수 있는 과제를 선정하여 학습된 무기력을 방지함
②-5	풀이된 예제 원리를 활용하여 선행과제 구성	학습자에게 제공되는 인지 부하를 줄여주기 위해 풀이된 예제(worked-example, incomplete example) 원리를 활용함. 학습자에게 성공 기회를 제공함으로써 만족감을 유발할 수 있음
③	학습과제 수행	
③-1	동료학습자로서의 교사 역할 수행	학습자 스스로 학습과제를 해결할 수 있도록 동료학습자의 역할 수행함으로써 학습자의 학습을 존중해 줌
③-2	자세한 설명보다는 직접 체험을 통해 학습할 수 있도록 학습 분위기 조성	학습자의 문제해결 과정에 지나치게 간섭하거나 통제하기 보다는 직접적인 체험을 통해 학습할 수 있도록 도움. 문제분석, 설계, 실험 및 수정, 정리의 과정이 자유롭게 이루어질 수 있도록 지원함
③-3	학습자의 흥미와 취향에 맞는 로봇을 자유롭게 설계	문제해결을 위해 필요한 로봇을 제공하되, 학습자 스스로의 흥미와 취향을 방해하지 않도록 함
③-4	GUI기반의 시각화 프로그래밍 도구 활용	학습목표를 지원하는 범위에서 인지부하를 줄일 수 있는 GUI기반의 프로그래밍 언어를 활용함
③-5	오류수정의 기회를 충분히 제공	학습자의 반성적 사고를 지원하기 위해 오류수정의 기회를 충분히 제공함
③-7	교수자의 적절한 개입을 통해 학습된 무기력을 예방	지나친 학습부진이나 과전을 방지하는 목적으로 학습자의 학습에 적절히 개입함으로써 학습된 무기력을 예방함
③-8	누적 포인트, 토너먼트 등 경쟁을 통한 학습	누적 포인트, 토너먼트 등 다양한 형태의 놀이를 통해 학습자의 외적 동기를 자극함
③-9	학습능력, 리더십, 친화력 등을 고려하여 팀 구성	소집단 구성에 있어서 학습능력, 리더십, 친화력 등을 고려하여 팀을 구성해야 함
③-10	소집단을 구성하는 개별 학습자에게 역할을 부여함	소집단을 구성하는 개별 학습자에게 역할을 부여하여 책임감과 목표의식을 부각시킴
④	반성 및 평가	
④-1	발표 및 평가 과정을 통해 피드백 제공	학습과제의 수행이 끝나면, 발표 및 평가를 통해 학습목표 달성 여부를 진단하고 피드백을 제공함
④-2	수행과정, 구체적 결과물 등에 대해 외적 강화물 제공	학습 결과뿐만 아니라, 수행 과정 및 협력적 태도 등을 지속적으로 평가하여 외적으로 강화함
⑤	응용 및 확장	
⑤-1	자유롭고 충분한 토론이 가능한 환경 조성	자유롭고 충분한 의사소통이 가능하도록 허용적이고 학습자 중심적인 토론 환경을 조성함
⑤-2	멀티미디어를 적극적으로 활용하여 통합적 사고 유도	애니메이션, 영화 등 멀티미디어 콘텐츠를 적극적으로 활용하여 학습 내용 및 목표에 대한 추가적 강화를 하는 한편, 통합적인 사고를 유도함
⑤-3	실세계의 사례와 관련지어 생각해보기	학습목표가 구현된 또 다른 사례를 우리 주변에서 찾아보도록 하여, 학습자의 사고를 확장시킴

3. 결 론

로봇을 활용한 프로그래밍 교육은 직관적이고 다양한 양식의 피드백과 활발한 상호작용이 이루어지는 흥미로운 학습 환경을 제공하며, 자기 성찰적 학습 환경을 제공한다. 그러나 단순히 로봇을 프로그래밍 교수 학습 현장에 도입했다고 해서 학습 효과를 보장할 수 없다. 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경의 특성과 학습자의 특성을 고려하지 않은 채 모든 것을 교수자에게 또는 학습자에게 맡겼을 때, 로봇은 단지 '신기 효과'를 유발하는 값 비싼 도구로 전락할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 지속적인 학습 동기의 유지와 이를 통한 학업 성취 증진을 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형을 개발하고자 하였다.

이러한 연구 목적 달성을 위해, 선행 연구 결과의 체계적인 검토를 진행하여 로봇 프로그래밍 교수 학습 환경이 가지는 특성을 6가지로 범주화하고, 전문계 고등학교 학습자의 학습 능력, 동기 수준, 학습 태도 및 양식에 관한 구체적인 특성을 도출하였다.

이러한 특성을 바탕으로 로봇 프로그래밍 교육에서의 전문계 고등학교 학습자들을 위한 동기부여 전략을 추출하고, 교수 학습 적용 방법을 개발하기 위한 델파이 연구를 실시하였다. 이는 다수의 전문가로 구성된 패널 집단의 민주적인 의사소통 과정을 통해 보다 타당성 있는 전략을 개발하기 위한 것으로, 3차에 걸친 델파이 검사를 통해 5가지 구성 요소 및 25가지의 세부 전략을 추출하였다. 또한 이들 중 선택적 적용이 가능한 전략들을 전문계 고등학교 학습자의 특성을 고려하여 선별하였으며, 전문가 검증을 통해 타당성을 검증 받았다. 이러한 과정을 통해 최종적으로 5개 요소 및 21개 세부 전략으로 구성된 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형을 개발하였다.

본 연구는 최근 프로그래밍 교육에서 활발하게 연구되고 있는 대안적 프로그래밍 도구들에 대한 새로운 시각이 필요함을 제안하는데 그 의의가 있다. 즉, 아무리 새롭고 신기한 학습 도구라 할지라도 학습 상황과 학습자의 특성을 고려하지 않을 때 학습 효과를 보장할 수 없다는 관점에서,

교수 학습 전략 개발의 중요성과 필요성을 시사한다. 그러나 향후 후속 연구를 통해 다음과 같은 연구가 진행된다면 보다 체계적이고 실용적인 모형의 제시 및 학습 효과를 기대할 수 있을 것이다.

첫째, 본 연구에서 개발한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형은 전문계 고등학교 학습자의 동기를 유발하고 지속시키기 위한 모형으로 향후 전문계 고등학교 학습자를 대상으로 한 장기간에 걸친 적용 연구를 통해 실용적인 모형으로 전환될 필요가 있다.

둘째, 본 연구는 전문계 고등학교 학습자를 대상으로 개발되었으나, 향후 다양한 학습자 집단의 특성을 고려한 모형을 개발할 필요가 있다.

셋째, 많은 컴퓨터 교육 연구들이 주로 구성주의를 배경 이론으로 삼고 있음에도, ARCS(Keller, 1983) 모형과 같은 객관주의 동기 모형을 적용하고 효과를 검증한다[17]. 그러나 ARCS 모형을 개발한 Keller(2006)조차 구성주의 환경에서는 학습 환경의 특성을 기반으로 학습자 동기를 부여할 수 있는 유니버스 형태의 새로운 모형이 필요함을 강조하고 있다[18]. 이는 구성주의 이론이 주로 적용되는 컴퓨터 교육 연구에서 학습동기 모형의 개발 및 적용에 관한 인식의 전환이 필요함을 의미한다.

참 고 문 헌

- [1] 한건우 (2007). 프로그래밍 교육에서 문제해결력 신장을 위한 동료 에이전트 시스템 개발. 박사학위 논문, 한국교원대학교.
- [2] 유인환 (2005). 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색. *교육과학연구*, 36(2), 109-208.
- [3] 이은경·이영준 (2007). 로봇 프로그래밍 학습이 문제해결력에 미치는 영향. *한국컴퓨터교육학회논문지*, 10(6), 1-9.
- [4] 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.
- [5] 배영권 (2007). 성별의 차이를 고려한 로봇

프로그래밍 교수전략에 관한 연구. 한국컴퓨터교육학회논문지, 10(4), 27.

[6] Kelly, R. & Mallory, J. (2002). Using Robolab Software and Lego Hardware to Teach Computing Concepts to Deaf and Hard of Hearing High School Students. *The Society for Information Technology and Teacher Education International Conference (SITE) 2002*.

[7] 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.

[8] Keller, J. M. (1997). Motivational Design and Multimedia: Beyond the Novelty Effect. *Strategic Human Resource Development Review*, 1(1), 188-203.

[9] Blank, D. (2006). Robots make computer science personal [Electronic Version]. *Communications of the ACM*, 49, 25-27.

[10] Kumar, A. N. (2004). Three Years of Using Robots in an Artificial Intelligence Course: Lessons Learned. *Journal on Educational Resources in Computing*, 4(3), 2.

[11] 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*.

[12] Eguchi, A., & Reyes, J. (2008). Engage and Motivate Non-Computer Science Major Undergraduates Using Educational Robotics. *The Society for Information Technology and Teacher Education International Conference (SITE) 2008*, Las Vegas, NV, USA.

[13] McNally, M., Goldweber, M., Fagin, B. & Klassner, F. (2006). Do Lego Mindstorms Robots Have a Future in CS Education?. *The 37th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*.

[14] 김창호 (2002). 실업계 고등학교 교육과정의 주요 쟁점 분석 및 교육관의 정립. *교육과정연구*, 20(3), 211-241.

[15] 윤석곤 (2005). 실업계 고등학생의 특성과 진로선택에 관한 연구. *진로교육연구*, 18(1), 246-263.

[16] 나승일·마상진 (2002). 사회 변화와 학습자 특성을 고려한 농업계 고등학교 교수-학습 전략 탐색. *한국농업교육학회지*, 34(1), 193-208.

[17] Keller, J. M. (1983). Motivational Design of Instruction. In Reigeluth, C. M.(Ed), *Instructional-Design Theories and Models: An Overview of their Current Status*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc..

[18] Keller, J. M. (2006). *What is Motivational Design?*. manuscript, Florida State University, Tallahassee, FL: John Keller Associates.

정 응 열



2003 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2009 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

현재 경기 장호원고등학교 교사
관심분야: 로봇교육, 교수 학습 모델링
E-Mail: purnagi@gmail.com

이 은 경



1998 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학학사)
2009 한국교원대학교
컴퓨터교육과(교육학박사)

현재 경기 청운중학교 교사
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