

프로그램교육 목적의 로봇게임 프로젝트 학습 구안에 관한 연구☆

A Study on the Design and Development of Robot Game-based Project for Teaching Children to Program Computers

신 승 용* 유 상 미** 김 미 량***
Seung-Young Shin Sang-Mi You Mi-Ryang Kim

요 약

본 연구의 목적은 초등학교 교육과정에서 활용이 가능한 학습도구로서 프로그래밍이 가능한 로봇의 활용 방안을 알아보기 위함이다. 로봇은 다른 디지털 교구와는 달리 프로그래밍과 이를 통한 조작이 쉽다는 점에서 교수-학습목적의 차별화된 매체적인 특성을 갖는다. 이 연구에서는 초등학교 학생들에게 컴퓨터 프로그램의 핵심인 알고리즘을 가르치기 위한 도구로서 로봇게임프로젝트 개발을 통해 연구목적을 달성하고자 하였다. 본 연구에서 교구로 사용한 레고는 프로그래밍을 할 수 있는 환경을 갖추고 있으며, 중앙제어장치, 센서 및 모터세트를 기계적으로 조합하여 로봇을 만들 수 있다. 개발한 프로젝트는 학생들이 6차시 수업을 통해 3개의 과제를 해결하도록 하는 과정에서 이루어졌다. 이들 각각은 알고리즘의 기본적 원리들을 바탕으로 구성되었으며, 이 프로그램을 교실수업에 적용해 본 결과, 학생들이 상대적으로 학습의 즐거움을 경험하고 몰입의 효과가 나타났음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 일반적인 초등학교 교실에서 직접 로봇을 조작하는 활동이 학교교육활동에 새로운 가능성을 가져올 수 있음을 보여준 것이라고 하겠다.

ABSTRACT

The objective of this research is to explore a method to utilize a programmable robot, as a potential learning tool in the elementary school's curricula. Due to their programmability and operational ease of use, programmable robots are among digital toys that today offer specially instructive features. In this research, we developed the robot game-based project contents as a tool for teaching the elementary school children to learn the algorithm, the essential part of computer programming. The LEGO material, selected as the construction kit for robot, consists of a mechanical assembly system, a set of sensors and actuators, a central control unit, a programming environment. The project requires the children to complete 3 separate tasks, each of which is developed based on the principles of algorithm. The classroom feedback supports that the robotic experiences provided the children with fun and absorption. It is likely that implementing learning with robot in regular classroom in elementary school can bring new possibilities to the educational system, provided that a thorough preparation backs up the plan.

☞ KeyWords : programmable robots, project, Lego, algorithm, 프로그래밍 가능한 로봇, 프로젝트, 레고, 알고리즘

1. 서 론

현행 교육과정에서 교수학습과정을 통해서 학생들에게 강조하는 가장 중요한 능력 중 하나는 창의적 문제해결력이다. 때문에 각 과 과별로 학생들의 창의적 문제해결력 향상을

* 정 회 원 : 경기도안양과천교육청 과천교사
ssyer@goe.go.kr(제1저자)

** 정 회 원 : 한성대학교 멀티미디어공학과 초빙교수
ieducom@gmail.com

*** 중신회원 : 성균관대학교 컴퓨터 교육과 부교수
mrkim@skku.ac.kr(교신저자)

[2009/02/04 투고 - 2009/02/09 심사(2009/04/21 2차) - 2009/06/04
심사완료]

☆ 이 연구는 방송통신위원회 및 정보통신연구진흥원의 방송

통신정책연구센터운영지원사업의 연구결과로 수행되었음
(IITA-2009-C1091-0901-0002)

위한 교수-학습방법에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 한편 이러한 노력은 컴퓨터 교과에서도 예외는 아닌데, 예를 들어 이은경 외[1] 및 한선관 외 [2] 등은 컴퓨터 프로그래밍이 창의적 문제해결력 향상에 도움을 줄 수 있다는 결과를 제시한 바 있다.

그러나 또 다른 연구[2, 3, 4]에서는 알고리즘과 기존의 교육내용들이 학생들의 사고수준 특히 초등학교 학생들의 지적 수준에는 적합하지 못함을 지적하고, 학생들의 사고수준에 적합한 학습 내용개발이 필요함을 주장하고 있다. 이는 초등학교 학생들이 인지적으로 아직 구체적인 조작기에 머물러 있기 때문에, 알고리즘과 같이 고도로 추상적인 학습내용은 아직 다루기 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

이런 한계를 감안한다면 초등학교의 컴퓨터 교과 학습은 Dale이 주장한 것[5]처럼, 언어 혹은 기호 등으로 표시되는 프로그램 코드보다 초등학교 학생들의 발달 단계를 고려한 구체물이나 아이콘 중심의 조작, 직접적 체험위주의 학습경험이 초등학교 학생들에게 더 필요할 것으로 사료된다. 초등학교 학생들을 대상으로 하는 프로그래밍 교육 혹은 알고리즘 교육은 추상적인 사고 과정을 요구하기 때문에 콘텐츠 자체를 초등학교 학생들에게 직접 지도하는 것은 매우 어렵기 때문이다.

최근 이러한 한계를 다소나마 극복하기 위한 연구가 시도되고 있는데, 예를 들어 임민영 등[3]은 총 4차시를 통해 검색의 개념부터 순차, 이분 검색법과 정렬의 개념부터 삽입, 버블정렬을 초등학교 학생들에게 학습시키는 과정을 제시한 바 있으며, 한선관 등[2]도 초등학교 학생들을 대상으로 스택이나 큐 등 자료구조를 지도하기 위한 교육콘텐츠를 연구한 바 있다. 이들은 연구를 통해서 초등학교 학생들의 수준에 맞게 교재를 재구성하여 지도한다면 충분히 학습 가능하다고 주장하고 있다.

또한 놀이를 통한 알고리즘 학습을 시도한 연구도 찾아 볼 수 있는데[4], 선행연구[2, 3]

가 강의 및 실습 등에 의한 전통적 수업방법에 중심을 두고 있다면, 이 연구는 학생들에게 재미와 경험이라는 측면을 강조하는 놀이를 이용하는 알고리즘 기반학습을 제시하고 있다. 그러나 이 연구 역시 개정교육과정에서 지향하는 **Unplugged Learning**을 따르고 있어서, 학생들이 실제로 해당 알고리즘을 컴퓨터 프로그래밍에 어떻게 활용하는지 이해시키는 힘들 것으로 평가된다. 앞의 연구들과는 달리 문외식[6]은 레고사의 마인드 스톰을 교육용로봇으로 선택하여 길 따라가기 문제를 프로그램화하는 학습 모형을 제시한 바 있다.

본 연구도 초등학교 학생들을 대상으로 알고리즘 교육을 시키려 한다는 점에서 이들의 연구와 방향성을 같이 하고 있으나, 수업형태가 문제기반학습(**Problem-based learning; PBL**)과 로봇을 활용하는 게임방식을 반영한 프로젝트형 학습프로그램을 제안하고 있다는 점에서 차별화된다.

PBL에서는 실생활과 밀접한 관계를 갖는 학습과제가 선택되며, 문제해결을 위해 학습자들의 적극적인 참여를 이끌어 낼 수 있는 특성을 가지고 있어, 초등학교 이라도 학습과제를 쉽게 내면화 할 수 있게 도움을 줄 수 있다. 또한 초등학교 학생들에게 제시할 학습과제가 실생활과의 밀접함을 유지하고 학습과제가 ‘게임’의 형식을 취하도록 디자인함으로써 어린 학생들이 학습 목표를 쉽게 내면화 할 수 있도록 유도하고 동료들과 게임해 가듯 즐겁게 학습내용을 따라 갈 수 있도록 구성할 수 있다.

이상 본 연구의 목적을 요약해보면, 첫째, **PBL**과 게임의 형식을 갖춘 알고리즘 교육목적의 로봇 프로그래밍 교육 프로젝트를 계획·작성하고, 둘째, 이들을 학생들 교육활동에 직접 활용해보며, 셋째, 학생들의 흥미도와 몰입 정도 등의 변화를 분석해 봄으로써 초등학교 학생들에게 알고리즘을 교육시키기 위한 방법으로서 구안한 본 교육프로그램의 효과성

을 알아보고자 하는데 있다.

본 논문의 구성을 소개하면, 제 2 장에서는 교육용 게임, PBL 및 프로젝트형 학습프로그램의 개념과 특성을 간략히 소개하고 알고리즘과 로봇게임 프로젝트의 기존 구조를 제시한다. 제 3 장에서는 본 연구에서 개발한 로봇게임프로젝트 기반의 알고리즘 학습프로그램을 교육청 부설 영재교육원 학생들을 실시한 과정을 소개하였으며, 제 4 장은 프로그램의 학습효과를 학습흥미도와 몰입도를 중심으로 조사해 본 결과를 제시하고 있다. 마지막 5 장에서는 연구결과의 시사점 및 한계에 대한 간단한 논의를 담고 있다.

2. 이론적 배경

2.1. 게임과 교육적 효과

게임의 정의를 살펴보면, Helgesen[7]은 게임이란 협동이나 경쟁을 하면서 규칙 속에서 목표를 추구하는 활동이며, '기회'와 '즐거움'이 첨가되어 그 효과가 배가 되는 과정으로 정의하였으며, Gasser[8]등은 흥미, 목표, 규칙, 경쟁을 게임의 주요한 4가지 요소로 정의하고 이 가운데 흥미를 가장 중요한 것으로 강조함으로써, 게임이 학생들에게 충분히 흥미를 끌 수 있는 요소를 내재하고 있어야 한다고 보았다. Lee[9]의 경우에는 협동을 중요하게 생각하고 있었는데, 그는 게임을 통해서 다른 사람의 성취 혹은 이전에 이루었던 자신의 성취보다 나아보려는 데서 즐거운 목적 추구가 될 수 있으며, 흥미는 다른 사람과의 적극적인 협력을 통해서 이루어진다고 주장하였다.

게임을 학습에 활용한 교육콘텐츠를 에듀테인먼트라 한다. 즉, 사용자가 놀이를 즐기는 과정에서 스스로 교육의 기대치를 획득하도록 고안된 콘텐츠라는 의미이다. e-러닝이 디지털 매체 혹은 인터넷을 이용한 학습방식으로 규정되는데 반해 에듀테인먼트는 아날로

그 방식의 교구재까지 포함하고 교육적 내용을 쉽고 재미있게 전달함으로써 학습효과를 제고하는데 목적을 두고 있다는 점에서 다소 차이가 있으며, 교육효과의 극대화를 위해 점차 다양한 영역의 문화콘텐츠를 변형·결합시키는 방향으로 진화하고 있다[10].

게임으로부터 기대하는 재미적 요소를 학습 웨어 개발에 반영할 수 있다면 그 효과는 엄청나다[11, 12, 13]. 무엇보다도 다양한 형태의 게임이 존재하듯이 게임기반 에듀테인먼트 콘텐츠도 그 내용과 수준에 따라 다양하게 개발될 수 있다. 기존의 학습환경 하에서는 교수자들이 학습자의 동기유발을 제고하기 위해 다양한 방법을 동원했다. 만약 콘텐츠 그 자체가 학습에 대한 동기유발 요소를 갖추고 그 기능을 강력히 수행할 수 있다면 이보다 비용효과적인 학습방법도 없을 것이다. 일반적으로 학습에 대한 동기유발을 불러일으키는 요인으로는 학습 콘텐츠 그 자체를 통한 자기 동기유발, 실패에 대한 두려움, 욕심, 승진이나 권력 쟁취를 위한 욕구, 자아 완성 등을 흔히 거론하지만 게임기반의 에듀테인먼트 콘텐츠에는 즐거움과 재미가 등장한다. 학습자가 학습에 몰두할수록 콘텐츠의 게임적 특성으로부터 나타나는 재미가 더해지기 때문이다[14].

에듀테인먼트 콘텐츠에서 가장 큰 과제는 “어떻게 게임과 학습을 한 틀 안에 녹여 넣는가”에 있다. 학습 또는 교육적 요소를 최대한 반영하고자 하는 게임기반 에듀테인먼트 콘텐츠의 가장 중요한 특성은 첫째 그 의도와 목적이 교육적 이어야 하고, 둘째 현실과 비슷한 규칙 또는 인위적 규칙 등의 게임 규칙이 콘텐츠 안에 반영되어 있어야 하며, 셋째 상대방, 자신, 도전의 기회, 시간 등의 요소들이 경쟁을 불러일으킬 수 있도록 복합적으로 구성되어 있어야 한다. 넷째 실제의 위험한 요소들이 안전하게 할 수 있도록 현실성과 환상을 학습동기로 제공하여 성취의욕을 불러

일으키고, 다섯째 게임 자체에서 나타나는 재미와 흥미가 학습동기를 유발시키고 학습의 극대화에 기여하는 특성을 지녀야 한다[15].

본 연구에서 제시하고자 하는 로봇게임프로젝트는 이런 중요 구성요소들을 포함한 일종의 게임 기반 에듀테인먼트라 할 수 있다. 본 연구에서 게임은 기본적으로 컴퓨터로 프로그래밍 한 코드가 일정한 모듈에 탑재된 뒤 실행되어 둘 이상의 팀이 경쟁하여 승부를 나누는 활동인데 이러한 팀별 경쟁을 통해 승부를 나누는 형식의 놀이나 게임은 그 역사와 특성상 이미 학생들과 우리의 삶속에 체화되어 있고, 그것이 갖고 있는 구조적인 단순성과 승부를 가리는 특성은 놀이를 하는 학생들로 하여금 흥미와 몰입을 이끌어낼 수 있을 정도로 충분한 활동의 의지를 불러일으킬 수 있는 활동을 말한다.

게임 활동에 참여하는 학생들은 문제를 해결하고 게임에 이기기 위해서 기존의 수학, 과학지식을 총 동원하게 되며, 필요하면 추가적인 수학, 과학 및 공학적인 지식의 학습을 필연적으로 요구받게 된다고 예상할 수 있다.

2.2 프로젝트 학습

일반적으로 Wilkerson[16]등은 PBL이란 어떤 것을 수동적으로 습득하는 과정이 아니라 구성해 가는 것, 학습의 측면에서 알고 있는 것을 정확히 아는 것, 사회적, 맥락적 요인이 학습에 영향을 줄 수 있다는 특징을 갖고 있다고 주장하고, PBL에서 학생에게 제공되는 문제로서 이미 학습했어야 할 내용이 재 가공되어 제시되거나, 교과서에 제시되는 학습 주제 또는 스스로 학습할 수 있는 동기를 제시하지 못하는 문제들은 경계해야 한다고 주장한 바 있다. 맥락을 같이 하여 Duch[17]도 "Problem" 즉 "문제"란 학습자들의 생활과 밀접하게 연관되어 있으며, 매우 비구조적인 특성을 지니고 있어야 함을 강조하고 있다.

Duch[17]의 이러한 주장은 "문제"가 비구조적이어야 한다는 점에서 Gijsselaers의 주장[16]을 포함한 포괄적인 지적으로 "문제"의 중요한 특성으로 받아들일 수 있다.

한편 Deborah[18]등은 과학영역의 학습에서 PBL의 적용은 보다 협력적인 그룹 활동을 촉진시켜 줄 수 있음을 강조했다. Bodner[19] 등도 보다 협동적인 환경을 만들어 줄 수 있는 소규모 그룹 활동은 학생들의 활동을 협동적으로 이끌어 갈 수 있음을 주장했다. 여기서 중요한 사실은 여학생들이나, 학급 내 소수의 외국인들한테도 쉽게 학습활동에 참여시킬 수 있었다는 점인데, 이와 같은 사실은 프로그램에 능숙하지 못한 다수의 학생들이 존재하는 우리의 학급에서도 적용해 볼만한 충분한 근거를 제공하고 있다고 보여진다. 또한 PBL을 통한 학습은 그 지식이 사용되어지는 맥락 속에서 지식을 습득할 수 있게 하는 장점과 더불어, 학생들로 하여금 학습방법을 학습할 수 있도록 유도한다는 장점도 줄 수 있다.

이상과 같은 주장들을 종합한다면, 본 연구에서 논의하고자 하는 프로젝트란 PBL에서 말하는 P에 해당하는 "문제"를 말하며, 프로젝트 학습이란 P를 해결해 가는 과정으로 규정한다. 본 연구에서 제시하고자 하는 로봇게임 프로젝트는 Duch의 주장[17]을 근거로 다음과 같은 두 가지 측면에서 "문제"의 조건을 충족하고 있다고 볼 수 있는데, 먼저 "문제"는 학습자의 생활에 밀접해야 한다는 조건이다. 이것은 학생들이 문제에 쉽게 동화 되고 문제 해결에 대한 의지를 확보하기 위한 것임을 고려하여, 외형적 측면에서 로봇을 활용한 게임의 형식을 취하고자 한다. 로봇과 게임이라는 소재는 굳이 표현하지 않아도 학생들에게 무척이나 친근하고 재미난 소재로서, 학생들의 생활과 관심권역에 쉽게 포함된다고 생각된다.

본 연구에서 제시한 과제를 해결하기 위해

필요한 로봇의 형태 및 기능에 대한 정답은 없다. 학생들의 능력과 성향 및 조건에 따라 학생들이 만들어내는 로봇의 형태는 다양하며, 그 로봇을 작동시키기 위한 프로그램의 기본적인 알고리즘 역시 모든 학생이 다르게 작성된다는 점에서 본 연구에서 학생들에게 제시한 학습 프로젝트는 충분히 비구조적이라고 할 수 있다. 한편 학생들이 이 프로젝트를 통해 학습하게 되는 내용은 교사들이 직접 전달하지 않는다. PBL 개념을 활용하여 교사는 학습자들이 스스로 학습해 나갈 수 있는 환경만을 제공하는데, 바로 이런 학습의 출발점이 '문제'이다.

표 1은 로봇제작 및 이를 이용한 게임 활동을 학습활동으로 구조화한 내용을 담고 있다. 학습단계 1과 2에 기술되어 있는 바와 같이 로봇게임프로젝트의 문제는 학습자들의 실생활과 매우 밀접하게 관련되어 있으면서, 비구조적인 문제임을 전제로 한다.

문제가 주어지면 각 팀 안에서 그 문제를 통해 자신들이 학습하게 될 '학습목표'를 결정하도록 한다. 팀별로 학습목표를 결정한 후 주어진 문제를 해결하기 위해서 '가정/해결안'을 설정하고 이를 해결하기 위해 현재 '알고 있는 사실들'을 나열한 뒤 '더 알아야 할 사항들'을 찾아보는 순서로 활동이 이루어지게 되는데 이 과정이 표 1의 학습단계 3과 4를 구성한다.

PBL의 다음 단계에서는 교사가 준비해 놓은 학습 자료를 참고로 하여 각 팀별, 개인별 과제 해결을 위해 다양한 시도를 하게 된다. 이때 학생들은 팀 토론을 통해 과제 해결을 위한 다양한 방법을 설정하게 되고 학생들은 이 방법들에 대해서 개별/팀별 학습을 통해서 문제해결을 위한 학습내용을 공유하여 공동작품으로 다시 재구성하여 정리되도록 해야 한다. 이때 학생들은 구성된 팀별로 게임을 하게 되고 게임은 그 특성상 학생들의 승부욕을 자연스럽게 자극하게 되며, 이를 통해 학

생들의 프로젝트를 완벽하게 수행할 수 있도록 자연스럽게 유도된다. 이 과정에서 학생들은 자신들의 프로그램이나 로봇을 수정하게 되는데(학습단계 5), 결국 이러한 과정을 반복하여 해결안이 도출되고, 이에 대한 팀 발표를 한 뒤 다른 팀으로부터의 피드백, 또는 다른 팀의 결과물에 대한 논의 등 지식 구성과 지식 공유를 모두 경험하도록 한다(학습단계 6 참고). 이때 평가에도 여전히 학습자의 참여가 이루어져야 한다(학습단계 7 참고).

(표 1) 수업진행 단계별 교수-학습활동

학습단계	학습 유형	교수-학습 활동
1. 수업 분위기 조성단계	전체 학습	- 프로젝트 제시, 프로젝트의 성격, 특징 파악하기 - 교사와 학습자의 역할을 안내한다.
2. 문제 제시단계	전체 학습	- 프로젝트를 통한 게임안내를 해 주고 학생들이 프로젝트를 자신의 것으로 내면화 할 수 있도록 안내함 - 게임의 내용, 규칙등을 소개
3. 잠정적 문제 해결시도 단계	팀 별 학습	- 학습 목표 설정 - 역할을 분담한다.(팀별 - 진행자, 기록자) - 다양한 아이디어를 적극 수용한다. - 알고 있는 사실, 배워야 할 사실 확인 - 잠정적인 해결안에 대한 생각을 종합 한다.
4. 자율학습 단계	개 별 팀 별 학습	- 각각 주어진 과제를 해결한다. - 자아성찰을 하는 시간(문제해결을 위한 현재 자신의 상태와 나아갈 방향 등)
5. 게임단계(협동 학습및 토의 학습단계)	팀 별 학습	- 팀별 게임을 수행하면서 자신의 문제해결법에 대한 장, 단점 분석 및 다른 팀의 장, 단점 분석 - 프로젝트 해결을 위한 다양한 시도 및 결과 분석 - 분석결과를 팀 내 과제 해결을 위해서 피드백 - 새로 얻은 지식을 활용하여 재 종합 한다.
6. 토론 결과 발표 학습 단계	전체 학습	- 자기 모듬의 견해를 전달하는 과정을 통해 지식을 공유한다. - 전달내용은 개별 정리한다. - 자신이 속한 팀의 해결방안 정리 및 발표
7. 정리 및 평가	전 체 개별학습	- 자기학습 평가지, 팀원 학습평가, 팀 간 학습평가 - 오늘의 학습과정 반성하기

이상과 같은 과정을 통해 학습자는 문제 접근과 이해의 다양성, 현실의 복잡성과 같은 개념을 익히게 되며, 문제를 해결해 나가는 과정에서 얻어진 결과는 실제 상황의 문제를 해결할 때 반영이 되고 전이를 증가시키게 된다.

2.3 알고리즘과 로봇게임 프로젝트 구안

알고리즘이란 특정 문제를 해결하기 위한 어떤 동작들의 유한한 모임으로써, 컴퓨터 과학의 주춧돌로 인지되고 있다[20]. 알고리즘 학습에 대한 효과는 학자마다 약간의 차이는 보이지만 첫째, 논리력, 사고력, 창의력 함양에 도움을 주고, 둘째, 문제해결력에 도움을 준다는 점[21, 22, 23]등을 꼽을 수 있다. 또한, 알고리즘에 대한 효율적인 교육방법에 대해 일련의 논의가 있었는데, 문교식[23]은 기존의 알고리즘이 문제 종속적이고 개별적이라는 점에서 탈피하여, 문제 독립적, 집단적 성질을 고려하는 "개념적 알고리즘"을 주장했다. 이러한 개념적 알고리즘의 유형에는 반복, 탐욕, 재귀, 분할정복, 동적, 백트래킹 알고리즘등을 제시하고, 이와 같은 알고리즘 유형화함으로써, 교육이 보다 체계적인 수준별 교육으로 나아갈 것과, 나아가 창의적 사고를 개발할 수 있음을 주장했다. 이와 같은 알고리즘 교육의 체계화에 대한 시각은 다양한 알고리즘의 종류를 유목화, 체계화 시켜줄 수 있다는 점에서 무척 바람직하다고 본다.

한편 Levitin[20]은 학생들이 프로그래밍을 하는 측면에서 효과적이면서도 경제적인 프로그래밍을 위해 표 2에서와 같이 알고리즘 구성방법을 4가지로 유목화한 바 있다.

(표 2) sort 와 search를 위한 알고리즘 구성 방법[20]



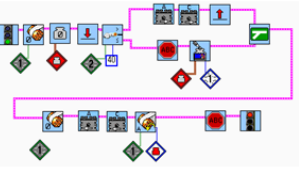
	SORTING	SEARCHING
Brute force	selection sort	sequential search
Divide & conquer	merge sort	applicable
Decrease & conquer	insertion sort	applicable
Transform & conquer	heap sort	search trees, hashing

본 연구는 이 구분방식을 활용하여 로봇게임 프로젝트에 제시된 해당과제에 포함되어야 할 알고리즘의 요소를 표 3에서와 같이 구체화하여 프로젝트에 적용하고자 하였다. 참고로 표 4는 위의 알고리즘을 본 프로그램에 적용한 결과를 도시한 것이다.

(표 3) 본 연구에서 사용하는 알고리즘 내용

알고리즘	내 용
직접적용	- 문제를 순차적으로 해결
반복	- 일정한 동작의 반복
분할정복	- 복잡한 문제를 몇 개의 하위 요소로 구분하여 각각의 요소에 대한 최소 비용 해결 및 전체과제에 적용

(표 4) 본 연구에서 사용할 알고리즘의 도식화

알고리즘	내 용
직접적용	 반환점을 만날 때 까지 전진/후진
반복	 위 동작을 무한 반복
분할정복	 로봇이 이동한 거리를 임시 메모리에 저장하여 다음에 이동한 거리로 사용

2.4 로봇게임 프로젝트에 사용된 도구

본 연구에서 사용된 로봇은 레고사의 마인드 스톱 NXT를 사용하여 제작하였다. NXT는 32비트 ARM7 마이크로프로세서를 장착한 소형 컴퓨터이다. 32비트 CPU는 기본 디지털 입출력, 인터럽트, 디스플레이, USB 2.0 및 블루투스 통신등과 같은 제어 로직을 실행한다. 8비트 AVR 마이크로프로세서는 A/D 변환, PWM 신호 발생 및 버튼 조작 등의 기능을 위

한 것이며, 각각의 프로세서에는 플래시 메모리와 RAM 메모리가 있으며 프로세서 간에는 I2C방식으로 통신한다[24].

3. 로봇게임 프로젝트의 적용

3.1 연구 대상 및 학습내용 개요

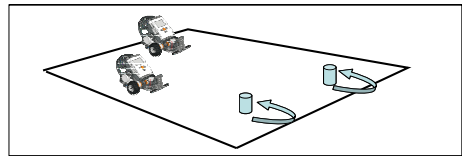
본 연구에서 개발한 로봇게임프로젝트 기반의 알고리즘 학습프로그램은 ○○교육청부설 영재교육원 학생들을 대상으로 실시하였다.

(표 5) 교육내용

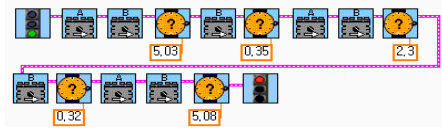
프로젝트 소주제	소주제별 활동 내용	관련 알고리즘	차시
프로젝트 설명 및 과제 분석	- 프로젝트의 전반적 내용 설명 - 문제해결을 위한 팀 구성 - 팀별 과제 분석 및 역할 분담 - 문제해결을 위한 아이디어 창출		1
과제 1: 반환점 돌아오기	- 팀별 과제 분석 및 역할 분담 - 문제 해결을 위한 아이디어 창출 - 과제 수행 및 분석	직접 적용	2
			3
과제 2 : F1-formula	- 팀별 과제 분석 및 역할 분담 - 문제 해결을 위한 아이디어 창출 - 과제 수행 및 분석	반복	4
			5
과제 3 : 게이트 통과하기	- 팀별 과제 분석 및 역할 분담 - 문제 해결을 위한 아이디어 창출 - 과제 수행 및 분석	분할 정복	6
			7
정리 및 팀별 과제해결 발표	- 발표 및 토론		8

기간은 2008년도 3월부터 4개월간이며, 초등학교 5학년에 재학 중인 남학생 16명, 여학생 4명 등 총 20명이 참여하였다. 교육내용은 로봇을 이용하여 반환점을 돌아오는 알고리즘을 구축하는 것이 주된 내용으로 표 5에 요약되어 있는 바와 같이 모두 8차시로 구성되어 있다.

1차시에서는 프로젝트에 대한 개략적인 설명과 문제해결을 위한 팀 구성이 이루어지며, 2차시와 3차시에서는 그림 1에서 보는 것처럼 첫 번째 과제인 반환점을 돌아오는 경기를 하게 된다. 이 경기의 내용은 그림 2에서처럼 자신들의 로봇이 출발점으로부터 반환점까지의 일정한 거리를 전진하고 반환점을 회전하여 다시 출발점에 도착할 수 있도록 프로그램을 구성하는 것이다.

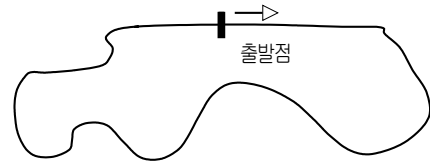


(그림 1) 반환점 돌아오기

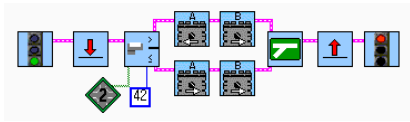


(그림 2) 반환점 돌아오기 프로그램 예시

한편, 두 번째 과제인 F1-formula의 경기는 아래 그림 3과 같이 검정색 테이프 라인에 그려진 경기장에서 이루어진다. 이는 출발점을 떠나 다시 출발점으로 한 바퀴 돌아오는데 가장 빨리 돌아오는 경기 형식 그대로를 따르는데, 여기서 학생들은 ↓, ↑ 등의 아이콘을 활용한 반복문과 ←, → 등의 아이콘을 사용한 조건문등을 활용하여 그림 4 와 같은 프로그램을 작성할 수 있게 된다.

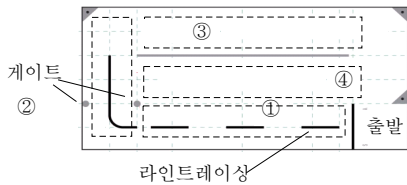


(그림 3) F1-formula 경기장



(그림 4) 조건문과 반복문을 사용한 사례

또한, 세 번째 과제인 게이트통과하기의 경기는 그림 5에 제시한 경기장을 사용했는데, 이는 WRO(WORLD ROBOT OLYMPIAD) 2008년 대회에서 제시된 경기장의 형식을 학생들의 수준에 맞게 변형하여 사용하였다. 이 경기에서 학생들은 “①-②-③-④-②-①”의 순서대로 로봇이 진행하도록 해서 경기장 전체를 순회하여 원래 출발점으로 돌아오는 경기이다.



(그림 5) 게이트 통과하기 경기장

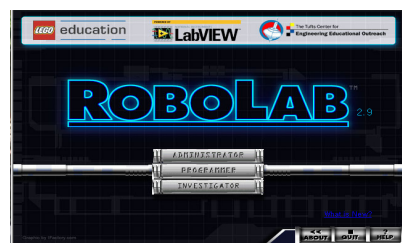
“과제 3”에서는 학생들에게 이전단계의 학습 보다 복잡한 기능을 요구하는 것이 아니라 그동안 학습한 내용을 잘 조합해서 과제를 해결하기를 원한다. 이는 그림 5에서 나타난 것처럼 최초 “①” 구역과 “②” 구역까지는 라인이 그려져 있어서 본 프로그램의 “과제 2”와 성격이 비슷하며, “①” 구역에서 “②” 구역으로 진행하면서 로봇의 회전을 요구하는 것은 “과제 1”에서 이미 습득한 내용이다. 그 외 “③번”, “④번” 구역은 단순 직진을 요구하는 과정으로 구성되어 있다. 학생들은 이렇게 여러 가지 과제가 혼합된 과제를 특성별로 분할하여 한 단계씩 극복하는 과정을 거치게 되고 이러한 과정을 통해 마침내 전체 과제를 효과적으로 달성하게 되는 것이다.

마지막 8차시에서는 팀별 과제해결방안에

대한 자신들의 소감, 특이사항이나 다른 팀에서 작성했거나 시도한 내용들 중 자신들이 배울 만한 점 등을 발표하는 시간을 갖고 과정을 마무리 한다.

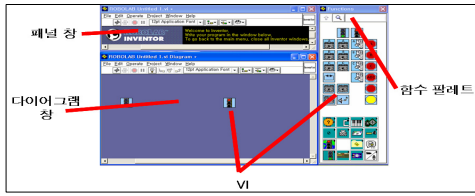
3.2 로봇제작 및 프로그래밍

로보랩 소프트웨어는 그래픽 기반 프로그래밍 언어이며, LabVIEW를 기반으로 만들어졌다. LabVIEW는 각 함수들의 아이콘 형태와 와이어를 통한 블록 다이어그램을 형성해 주며, 이를 통해서 프로그램의 코드가 형성되는 특징을 갖고 있다. 또한 이 소프트웨어는 본 연구에서 사용하는 LEGO NXT의 제어가 용이하도록 각각의 기능을 제어하기 위한 함수들이 추가되었으며, 프로그램의 논리적 구조를 학습하기에 편리하도록 개발되었다. 최초 실행하면 그림 6과 같은 윈도우가 열리며, 이 중 ‘ADMINISTRATOR(관리자)’ 기능에서는 기본적 설정에 관련된 부분을, 그리고 ‘PROGRAMMER’ 기능에서는 실제 프로그램의 작성이 이루어진다. ‘INVESTIGATOR’ 모드는 고급 데이터 로깅 및 제어 기능을 지원한다.



(그림 6) ROBOLAB 초기화면

여기서 ‘PROGRAMMER’를 선택하면 그림 7 과 같은 ROBOLAB Ver 2.9의 프로그램 개발환경을 보여준다. ROBOLAB은 누구나 손쉽게 프로그래밍을 배울 수 있다는 점과 LEGO의 장점인 기구학적 구조물을 편리하게 조립할 수 있다는 장점을 가지고 있다[25].



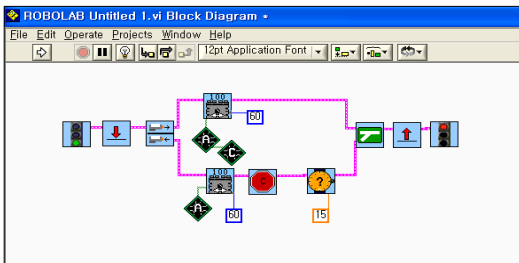
(그림 7) ROBOTLAB의 프로그램 개발 환경

참고로 그림 8은 프로젝트를 수행하기 위해 필요한 장애물 회피를 위한 프로그램의 일부 코드를 예시한 것이다. 일반적으로 프로그래머들은 그림 8과 같이 작성하지만 같은 내용의 코드를 ROBOTLAB에서는 그림 9에서와 같이 나타낼 수 있는데, 이 코드는 학생들이 ROBOTLAB 기능을 활용하여 그림 10의 순서도를 프로그래밍화한 결과이다. 일반 알고리즘 코드에 비해 직관적이며 작성이 용이함을 알 수 있다.

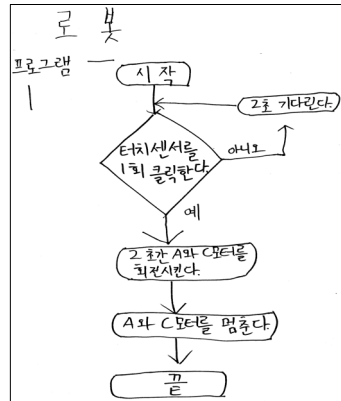
```

go1 main()
{
  SetSensorTouch(IN_1);
  while(true)
  {
    if(SENSOR_1 ==1)
    {
      off(OUT_C);
      OnRev(OUT_A, 60);
      wait(15);
    }
    else
    {
      OnFwd(OUT_AC, 60);
    }
  }
}
    
```

(그림 8) 충돌감지 후 후진



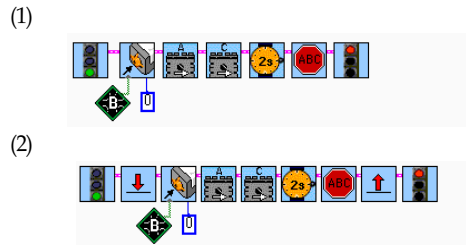
(그림 9) ROBOTLAB으로 작성한 충돌감지 후 후진



(그림 10) 순서도

학생들의 과제 수행경험을 예시해보면, 학생들이 받은 부분과제가 "터치센서"가 한 번 눌리면(1의 값) 2초간 전진하는 로봇을 만든다. 인 경우그림 11의 (1)에서는 한 번 실행하고 프로그램이 종료하지만 (2)의 경우에는 다르다. 사용자가 "터치센서"를 누를 때 마다 로봇은 동작하게 되는 것이다. 일반적으로 학생들은 그림 10에서처럼 순서도의 표현은 잘 하지만 그림 11의 (1)과 같은 프로그래밍으로 작성해서 실행하는 실수를 범하는 경우가 많다.

그러나 본 연구의 목적에서 제시한 것처럼 게임을 통해 다른 팀들과 승부를 겨루고 자신들이 작성한 프로그램을 반복시켜가면서 최선의 방법을 찾으려고 노력하게 되는데, 결과적으로 그림 11의 (2) 형식처럼 주어진 문제 해결을 위한 최적의 해를 찾게 되는 것이다.



(그림 11) 로보랩으로 작성한 내용들

4. 로봇게임 프로젝트형 학습의 적용결과

로봇게임프로젝트에 참여한 학생 수는 많지 않지만 학습효과를 정량적으로 분석해 보기 위해 표 6과 같은 학습흥미와 학습 몰입에 관한 설문을 조사해 보았다. Likert 5점 척도로 설정된 설문은 크게 컴퓨터 프로그램에 대한 흥미도, 로봇게임프로젝트에 대한 흥미도, 프로그래밍 과정과 로봇 제작과정에서의 몰입 정도를 측정하였다. 컴퓨터 프로그램과 로봇게임프로젝트에 대한 흥미도는 교육 전과 후에 각각 평가했으며, 몰입은 교육 후에만 평가하였다. 흥미도에 관한 설문은 Davis, Bagozzi 및 Warshaw[26]의 것을 참고하여 수정·사용하였으며, 몰입 또는 플로우에 대한 설문은 Novak, Hoffman 및 Yung[27]의 연구결과를 참고하였다.

(표 6) 설문 항목

요인	내용
프로그래밍에 대한 흥미	컴퓨터 프로그래밍이 재미있다.
	컴퓨터 프로그래밍 하는 과정 자체가 흥미롭다.
	컴퓨터 프로그래밍의 결과가 기대된다.
로봇프로젝트에 대한 흥미	로봇을 만드는 것은 재미있다.
	로봇을 만드는 과정 자체가 흥미롭다.
	로봇을 만든 결과가 기대된다.
	로봇을 이용한 게임은 흥미롭다.
프로그래밍에의 몰입	프로그래밍 하는 동안에는 다른 생각이 나지 않는다.
	프로그래밍 하는 과정에서 주변에서 무슨 일이 일어났는지 모른다.
	프로그래밍 과정에서 문제를 해결하기 위한 프로그래밍을 찾기 위한 생각만 한다.
로봇제작의 몰입	로봇을 만드는 과정 중에는 다른 생각이 나지 않는다.
	로봇을 만드는 과정 중에는 주변에서 무슨 일이 일어났는지 모른다.
	로봇을 이용한 게임을 하는 동안에는 주변에서 무슨 일이 일어났는지 모른다.

컴퓨터 프로그램 및 로봇제작의 흥미도에 대한 교육 전과 후의 설문결과를 대응 비교한 결과를 요약하면 표 7과 같다.

(표 7) 교육 전과 후의 대응비교 결과

요인	교육 전과 후의 평균차 (교육 후 - 교육 전)	차이에 대한 t값	p값
프로그래밍에 대한 흥미도	1.07 (4.78 - 3.71)	9.76	0.001 이하
로봇프로젝트에 대한 흥미도	0.49 (4.68 - 4.11)	3.404	0.037

분석 결과 프로그램과 로봇프로젝트에 관한 흥미도는 모두 유의하게 상승한 것으로 나타났다. 프로그램 수업에 대해서는 평균 약 1.07만큼의 상승폭을 나타내고 있으나, 로봇은 이미 시작 전에도 4.11을 나타내고 있어 수업내용과 관계없이 이미 상당한 호기심과 흥미를 불러일으키고 있는 것으로 나타났다.

한편 컴퓨터 프로그램 및 로봇프로젝트 수업과정에서의 몰입도에 대한 평가에서는 표 8에서 알 수 있듯이 모두 4.0 가까운 값을 나타내고 있어 수업에의 집중력이 매우 높았다는 것을 알 수 있다. 참고로 컴퓨터 프로그램과 로봇프로젝트 수업과정에서의 몰입도 차이는 통계적인 범위내에서 거의 없다고 볼 수 있다.

(표 8) 몰입도에 대한 평가 결과

요인	평균 (표준편차)	요인간의 차이에 대한 대응비교 t값	대응비교 p값
프로그래밍수업에 대한 몰입도	3.92 (0.63)	0.427	0.674
로봇프로젝트수업에 대한 몰입도	3.98 (0.57)		

지금까지의 분석 결과를 요약하면, 우선 로봇을 활용한 프로그램 및 로봇 제작 수업은

그 소재와 방법 기존의 방법과 차별화 되어 학습 초기 학생들의 흥미를 많이 향상시켰다고 볼 수 있으며, 게임이라는 형식을 통해 각 과제를 해결하기 위한 모듈별 경쟁이 자연스럽게 형성됨으로써, 학생들의 과제해결에 대한 호기심과 몰입을 유도할 수 있었다. 결과적으로 게임 요소를 가미한 에듀테인먼트적 로봇 프로젝트 수업이 학생들의 프로그래밍에 대한 적극적 태도를 이끌어 내는데 상당한 기여를 해 주었다고 평가할 수 있다.

5. 결론 및 제언

연구 초기에 알고리즘이나 컴퓨터 프로그래밍 교육을 위해 구안되었던 몇 가지 연구들을 살펴본 것처럼 이들 연구는 강의법이나 실습 또는 간단한 놀이를 활용한 것도 있었다. 그러나 본 연구는 프로젝트와 게임을 활용한 ‘로봇게임프로젝트’라는 새로운 형식의 학습 방법을 마련하여 학생들에게 적용함으로써, 과거 연구와 차별화를 두고자 했다. 결과적으로 학생들은 본 프로젝트 수업을 통해서 흥미와 몰입의 측면에서 통계적으로 의미있는 향상을 보여주고 있어서 본 연구의 의의를 찾을 수 있었다.

연구의 한계를 지적한다면, 초등학생들을 대상으로 한 알고리즘이나 프로그래밍 학습에 관한 연구가 아직은 충분하지 못해서 이와 관련한 폭넓은 분석이 이루어지지 못했고, 연구대상이 모두 교육청부설 영재교육원 학생들을 대상으로 한 수업이었기 때문에 일반학생들에게 적용할 경우에도 유사한 학습효과가 도출될 것이라는 일반화도 기대하기 어려울 수 있다. 이는 영재교육원 학생들이 대개 수학이나 과학에 관심이 많으며 학습에 대한 동기유발측면이나 수업에의 집중도가 남다른 수가 있기 때문이다.

더불어 영재교육원은 1개 반으로만 운영되기 때문에 실험집단과 더불어 적절한 대조군

을 선정하기가 어려워, 통계적 자료에 근거한 비교분석을 시도할 수 없었다는 연구의 한계점도 밝혀둔다.

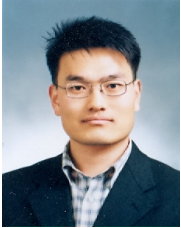
끝으로 본 연구를 통해서 영재교육원 학생들을 뛰어 넘어 일반적인 학생들에게로까지 대상의 폭을 넓혀 다수의 학생들에게 적용될 수 있는 로봇게임 기반 콘텐츠의 개발이 필요하다고 생각되며, 앞으로 초등학생들의 인지적 심리적 특성을 고려한 다양한 로봇활용 학습콘텐츠 개발이 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 이은경·이영준. 로봇 프로그래밍 교육이 문제해결력에 미치는 영향. 컴퓨터교육학 회논문지, 10(6), 19-27, 2007.
- [2] 한선관, 김경신. 초등학생을 위한 컴퓨터 과학의 언플러그드 학습 방법 연구. 한국 정보교육학회. 11(4), 497-503, 2007.
- [3] 임민영, 정상목, 한병래. 초등학교 컴퓨터 교육에서 검색과 정렬 알고리즘 학습가능 성에 관한 연구. 한국정보교육학회. 10(3), 289-298, 2006.
- [4] 백선련, 송정범, 박정호, 이태욱. 초등학생의 문제해결력을 위한 놀이 중심 알고리즘 교재 개발 및 적용. 컴퓨터교육학회논문지. 11(1), 85-95, 2008.
- [5] E. Dale. Audio-Visual Method in Teaching, New York :The Dryden Press, 1954.
- [6] 문외식. 교육용로봇을 이용한 프로그래밍 학습 모형. 한국정보교육학회. 11(2), 231-241, 2007.
- [7] Helgesen, M., Playing in English:Games and the L2 classroom in Japan. In S. Savignon & M. Berns(Eds.), Initiatives in communicative language teaching. Reading, MA: Addison-Weesley Publishing Company, 1987.
- [8] Gasser, M. & Waldman, Using songs and games in

- ESL classroom. Rowley, MA: Newbury House, 1979.
- [9] Lee, W., Language teaching games and tests. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [10] 김경애. 신성장동력으로 부상하고 있는 에듀 테인먼트 콘텐츠 산업현황. 정보과학학회지 제 24권 제2호. pp. 5-9, 2006.
- [11] Amory A., Naicker K., Vincent J. & Claudia A., Computer games as a learning resource. In Proceedings of ED-MEDIA, ED- TELECOM 98, world conference on education multimedia and educational telecommunications, 1998.
- [12] Conati, C. and X. Zhou. Modeling students' emotions from cognitive appraisal in educational games. In: S.A. Cerri, G. Gouarderes and F. Paraguacu, Editors, Intelligent Tutoring Systems 2002, LNCS, 2363., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 944 - 954, 2002.
- [13] Kearney, P., Engaging young minds- using computer game programming to enhance learning, Proceedings of ED-MEDIA World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, pp. 3915 - 3920, 2004.
- [14] Price, S. Y. Rogers, M. Scaife, D. Stanton and H. Neale., Using tangibles to promote novel forms of playful learning, Interacting with Computers 15, pp. 169 - 185, 2003.
- [15] 고재혁, 최성. 재미요소를 삽입한 에듀게임 개발을 위한 기술 연구. 한국게임학회, 2002.
- [16] Wilkerson, L. & Gijsselaers, W. H., Bring Problem-Based Learning to Higher Education : Theory and Practice. Jossey-Bass Publishers, 3-10, 1996.
- [17] Duch, B. J. What is problem-based learning? <http://www.udel.edu/pbl.cte/jan95-what.html>.
- [18] Deborah E. Allen, Barbara J. Duch, Susan E. Groh., Bring Problem-Based Learning to Higher Education : Theory and Practice. Jossey-Bass Publishers, 43-52, 1996.
- [19] Bodner, G. M., "Why Changing the Curriculum May Not be Enough." Journal of Chemical Education, 69, 186-190, 1992.
- [20] Levitin, A., Do We Teach the Right Algorithm Design Techniques? SIGCSE. New Orleans, LA, USA, 1999.
- [21] 이주희, 김갑수. "구체적 조작기의 초등학생을 위한 정렬 알고리즘 교수-학습에 관한 연구", 한국정보교육학회 학술발표논문집 11(2), 95-100, 2006.
- [22] 홍순조, 한선관. "알고리즘 분석을 통한 컴퓨터 교육에서의 알고리즘 교육의 방향", 한국정보교육학회 학술발표논문집 9(2), 236-241, 2004.
- [23] 문교식. 개념적 알고리즘에 기반 한 컴퓨터 알고리즘 교육의 방향. 한국정보교육학회 학술발표논문집 11(1), 29-38, 2007.
- [24] 홍선학, 김송미, C언어로 즐기는 LEGO MINDSTORMS NXT, 이지테크, 2007.
- [25] 이명우, 공민식, CREATE ROBOT : 창작로봇, 이지테크. 2007.
- [26] Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R., "User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models", Management Science, 35, pp. 82- 1003, 1989.
- [27] Novak, T.P., Hoffman, D.L., and Yung, Y.F., "Measuring the Customer Experience in Online Environments: A Structural Modeling Approach," Marketing Science, Vol. 19, No.1, pp. 22-42, 2000.

● 저 자 소개 ●



신 승 용(Seung-Young Shin)

1995년 인천교육대학교 초등교육전공(학사)
2004년 한국교원대학교 일반대학원 컴퓨터교육학과(석사)
현재 경기도안양과천교육청 파견교사
관심분야 : 로봇교육, 프로그래밍교육
E-mail : ssyer@goe.go.kr



유 상 미(Sang-Mi You)

1999년 홍익대학교 교육대학원 전산교육(교육학석사)
2006년 성균관대학교 교과교육학과 컴퓨터교육전공 수료
현재 한성대학교 멀티미디어공학과 초빙교수
관심분야 : u-Learning, 정보통신윤리, 창의적 공학 설계, 컴퓨터교육
E-mail : ieducom@gmail.com



김 미 량(Mi-Ryang Kim)

1987년 서울대학교 인문대학 영어영문학과(문학사)
1989년 미국 리하이대학교 대학원 교육공학과(이학석사)
1998년 서울대학교 교육학박사
현재 성균관대학교 컴퓨터 교육과 부교수
관심분야 : u-Learning, Computer-Based Interactive Design, Diffusion of IT or IT-Based Learning
E-mail : mrkim@skku.ac.kr