논리력 향상을 위한 교육용 로봇 설계 및 구현

문채영† · 김의정† · 강신천†
† 공주대학교 컴퓨터교육과

Design and Implementation of Educational Robot for Logical Ability Improvement

Chae-Young Moon† · Eui-Jeong Kim† · Shin-Cheon Kang†
† Dept. of Computer Science Education, Kongju National University

요 약

본 논문에서는 학생들의 논리력과 창의적 문제해결 능력 향상을 위한 교육용 로봇을 설계하고 구현하였다. 제작된 로봇은 센서와 프로세서 그리고 모터 구동회로를 포함하고 있는 하드웨어와 교육용 로봇 제어 소프트웨어, 로봇 구조물 제작용 기계부품 그리고 교육내용과 제작 매뉴얼이 포함된 교재로 구성되어 있다. 제작된 로봇은 컴퓨터를 사용하지 않고 로봇에 직접 프로그래밍이 가능한 특징을 갖고 있는데 이는 로봇 교육에 있어서 장소의 제약을 받지 않고 교육이 가능함을 의미하며 학생들의 프로그래밍 결과가 로봇의 움직임으로 나타나므로 기존의 정적인 컴퓨터 프로그램 교육의 한계를 넘어 동적인 프로그램 교육이 가능하다. 그리고 간단한 하드웨어 지식과 기초 명령어만으로도 로봇을 제어할 수 있도록 사용자 중심의 함수화된 명령어를 사용하여 로봇이나 컴퓨터 프로그램을 처음 접하는 학생들도 쉽게 접근이 가능하도록 설계 하였다. 로봇을 조립하고 프로그래밍 하는 과정을 통해 학생들의 창의성과 논리력 그리고 문제해결 능력 신장에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

21세기의 다변화된 지식 정보화 사회는 무한 경재 시대를 이끌어 갈 자율적이고 창의적이며 잠재 능력을 최대한 발휘 할 수 있는 유능한 인재를 요구하고 있다.[1] 이에 많은 과학영재교육 프로그램들이 학생들의 논리력과 창의성 향상 등을 목표로 개발되어 활용되고 있다. 그러나 기존의 창의성 계발을 목표로 하고 있는 블록을 이용한 교육은 정적이고 단순 동작에 대한 문제점을 갖고 있다. 그리고 분석력, 논리력 그리고 창의적 문제해결 능력 향상을 목표로 하고 있는 컴퓨터 프로그램 교육은 데이터의 처리과정이 추상적이고 프로그래밍 결과가 모니터와 스피커 등의 출력장치로만 표현되어 자칫 지루함을 줄 수 있다.

최근 들어 이러한 문제점 해결을 위해 등장한 로봇을 이용한 교육이 많은 주목받고 있다. 로봇을 이용한 교육은 크게 로봇 몸체를 구성하는 기계 구조물 제작과정과 컨트롤러와 센서를 포함한 전자회로 제작과정 그리고 로봇을 제어하기 위한 프로그래밍 과정으로 구성되어 창의적 문제해결 능력과 논리력 향상에 큰 도움이 되고 있다.[2]

본 논문에서는 기존 컴퓨터 프로그램 교육과 블록을 이용한 교육의 한계를 극복할 수 있는 프로그램 제어 방식의 교육용 로봇을 설계 및 구현하고자 한다. 또한 컴퓨터를 이용한 프로그램 작성방식이 아닌 로봇에 직접 제어 프로그램을 입력할 수 있도록 하여 장소와 주변 시설을 갖추지 않고도 교육이 가능하도록 설계 및 구현 하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 논리력과 프로그래밍

논리력이란 말이나 글에서 사고나 추리 따위를 이치에 맞게 이끌어 가거나 사물 속에 있는 이치나 사물끼리의 법칙적인 연관성을 찾아내는 능력을 말한다. 복잡하고 첨단화 되어 가는 현대 사회에서 논리력의 필요성은 날로 증가되고 있다. 이를 반증하듯 각종 기업체의 입사시험과 대학입학시험에서 논리력 측정을 위한 문제들이 많이 출제되고 있다. 이와 같이 논리력은 현대 사회를 살아가는데 있어서 갖추어야 할 매우 중요한 요소임에 틀림없다.

프로그래밍 언어들은 논리의 기본적인 개념에 기초를 두고 있기 때문에 다양한 인지적 기술이 복합된 과정으로 논리적인 사고 능력과 추상적인 추론

능력이 요구되어 학습자의 인지발달에 영향을 미치게 된다. 또한 어떤 프로그래밍이 언어라도 프로그램 그 자체가 논리이므로 이러한 논리적인 요소를 내포하고 있다. 또한 청소년들의 창의력, 사고력 그리고 분석력 등을 겨루는 정보올림피아드의 기출문제를 분석한 결과 자료에 의하면 많은 문항들이 프로그래밍 언어를 사용하여 특정 상황에서 문제를 해결할 수 있는 알고리즘 구현 능력을 측정하고 있다.[3] 이는 학생들에게는 크게 분석력, 논리력, 창의력 등이 요구되고 있음을 알 수 있다. 이 중에서 특히 논리적 사고력의 측정과 향상을 위한 다양한 프로그래밍 관련 연구들이 진행되고 있는데 이는 논리적인 개념을 기초로 구성되어 있는 프로그래밍 언어들이 논리적 사고력과 매우 밀접한 관계를 갖고 있기 때문이다.

2.2 로봇교육

로봇교육의 가장 큰 장점은 놀이를 통한 교육활동인 '에듀 테인먼트(edutaintment)'의 기능을 갖는다는 점이다. 학습자가 직접 로봇을 만들어 보거나 조작함으로써 놀이를 즐길 수 있고 그 과정에서 창의력, 문제해결 능력, 논리적 사고력 등을 함께 키울 수 있다.[4] 또한 로봇은 크게 전기·전자분야, 기계분야 그리고 컴퓨터분야로 나눌 수 있다. 이는 로봇교육을 통해서 폭 넓은 과학 기술 분야의 지식을 습득 할 수 있음을 의미한다.

로봇교육의 필요성을 크게 세 가지 나누어 정리해 보면 다음과 같다. 첫째, 로봇을 구성하고 있는 전기·전자, 기계 그리고 컴퓨터 분야들의 다양한 기본적인 교육이 가능하다.

둘째, 레고나 과학상자와 같은 조립식 블록 제품들이 학생들의 창의력 향상에 영향을 미친 것처럼 로봇을 제작하는 과정을 통해 학생들의 창의력, 문제해결 능력 그리고 의사 결정능력 등이 향상 될 것이다.

셋째, 프로그램 교육에 새로운 패러다임을 설정할 수 있을 것이다. 로봇교육은 프로그래밍 결과가 고정된 화면과 소리에 의해 출력된 기존의 프로그램 교육의 한계를 뛰어넘어 물리적 움직임으로 나타낼 수 있다. 자신이 작성한 프로그램이 실제 로봇의 움직임으로 나타나면서 더욱 프로그램에 몰입할 수 있다.[5]

3. 설계

본 논문에서 프로그램 제어 로봇은 하드웨어, 소프트웨어, 기계 구성부품 그리고 학습내용 등 크게 네 부분으로 나뉘어 설계되었다.

초기의 교육용 로봇은 조립 설명서를 보고 기계적 부품들을 단순히 조립하는 과정이 대부분이었으나 최근 들어 다양한 로봇제어 프로그램의 등장으로 컴퓨터 프로그램을 통한 로봇 제어가 가능해 졌다. 하지만 이 경우 로봇교육을 위해서 반드시 컴퓨터를 필요로 하게 된다. 즉, 로봇교육에 있어서 공간적 제약을 갖는다는 문제점이 발생된다. 그리고 컴퓨터에서 작성된 프로그램을 로봇에 전송하기 위한 케이블이 필요하게 되어 전송에 번거로울 뿐만 아니라 시간도 소모 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 로봇제어용 프로그램이 하드웨어에 내장된 임베디드 보드를 제작하였다.

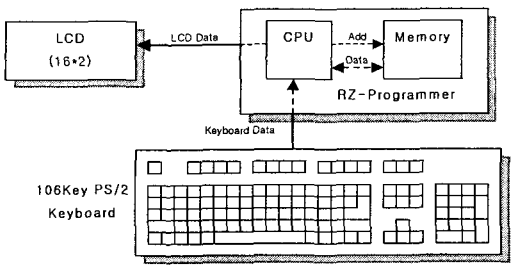
로봇제어용 프로그램은 C, 어셈블러 그리고 베이직이 주를 이루고 있다. 그러나 이러한 프로그램 언어들은 처음부터 상당 수준의 논리력과 하드웨어에 대한 지식을 요구하고 있어 자칫 로봇이나 프로그램을 처음 접하는 학생들의 학습 의욕을 저하 시킬 수 있는 문제점을 갖고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 로봇제어에 필요한 프로그램 명령어들을 함수화 하였으며 이 함수들을 명령어로 사용할 수 있도록 설계하였다.

로봇의 몸체를 구성하는 블록, 프레임 등은 과학상자와 부품과 호환될 수 있도록 설계하였다. 이를 통해 로봇 구조물이 보다 다양하고 창의적으로 조립될 수 있도록 하였다.

학습내용은 실제 로봇을 연구하고 제작하는 순서를 따라 가도록 설계하여 로봇을 제작하는 과정을 통해 다양한 주변 지식을 습득하면서 다음 과정으로 진행하도록 하였다.

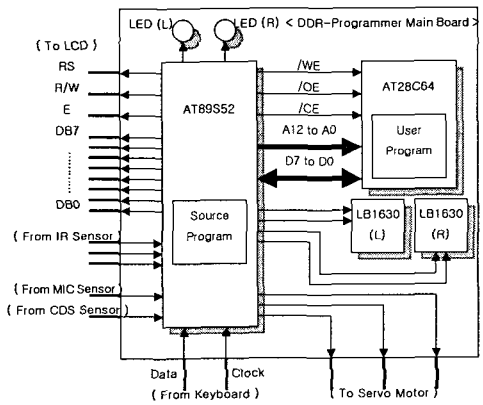
3.1 하드웨어 설계

프로그램 제어 로봇의 하드웨어는 크게 입력부, 출력부, 프로세서부로 구성되어 있다. 입력부의 경우, PS/2 키보드를 사용하여 명령어를 입력하고 각종 제어키를 입력 할 수 있도록 설계되었다. 출력부는 LCD를 이용하여 프로그램 입력 상황과 에러 메시지 출력 등의 디스플레이 동작을 수행하도록 설계 되었다. 마지막으로 프로세서부는 이 하드웨어의 핵심부분으로 교육용 로봇의 보편적인 기능인 센서입력, DC모터·서보모터 구동 그리고 LED출력 동작을 수행한다. 이와 같은 기능의 실행을 위한 OS 프로그램은 플래시 메모리 저장되어 있으며 사용자 작성 프로그램은 EEPROM에 저장된다. 프로세서는 플래시 메모리내의 OS 프로그램을 기반으로 EEPROM에 저장된 사용자 작성 프로그램을 순차적으로 읽어 들이며 동작한다.



< 그림1 > 프로그램 제어 로봇의 하드웨어 블록도

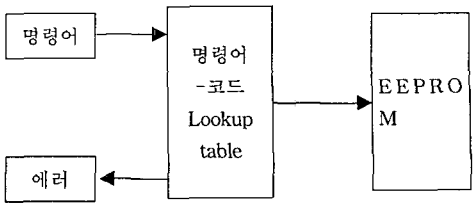
로봇의 프로세서부는 <그림2>와 같이 마이크로프로세서로 AT89S52 (8Kbyte Flash, I/O 32Pin)를 사용하였고 사용자 프로그램 저장용 메모리는 AT28C64 (8Kbyte EEPROM)를 사용하였다. 그리고 DC모터를 구동하기 위한 드라이버로 LB1630을 사용했으며 그밖에 LED구동회로, 적외선 센서회로 그리고 서보모터 구동회로 등으로 구성되어 있다.



< 그림2 > 프로세서부 블록도

3.2 소프트웨어 설계

프로세서부에는 8Kbyte 용량의 플래시 메모리가 내장되어 있으며 이 메모리에 저장된 OS 프로그램은 로봇의 전체적인 동작 제어한다. OS 프로그램은 로봇의 동작에 따라서 프로그램 모드와 실행 모드로 나뉘어 진다.



< 그림3 > 프로그램 모드 개념도

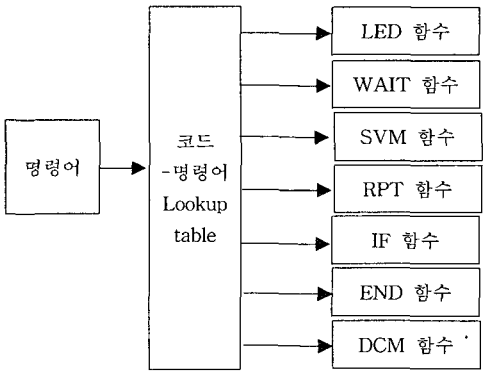
첫째, 프로그램 모드는 키보드로부터 명령을 입력받아 처리 하는 동작모드이다. <그림3>과 같이 키보드로부터 입력된 명 령어는 <표1>의 명령어 대응 변환 코드 표에 의해 대응되는 코드로 변환된다. 이때 존재하지 않는 명령어가 입력되면 LCD를 통해 에러 메시지를 출력한다. 정상적으로 변환된 명 령어는 EEPROM에 순차적으로 저장되어 전원이 끊어진 상태에서도 명령어를 기억하게 된다.

< 표1 > 명령어 대응 변환 코드

명령	변환 코드								사용 예
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
LED	0	0	1	0	0	0	0	X	LEDS 0
					0	0	1	X	LEDS 1
					0	1	0	X	LEDL 0
					0	1	1	X	LEDL 1
					1	0	0	X	LEDR 0
					1	0	1	X	LEDR 1
WAIT	0	1	0	1	0	0	0	1	WAIT 1
					1	0	1	1	WAIT 9
SVM	1	0	0	0	0	0	0	0	SVM1 0
					1	1	1	0	SVM1 E
	1	0	0	1	0	0	0	0	SVM2 0
					1	1	1	0	SVM2 E
	1	0	1	0	0	0	0	0	SVM3 0
					1	1	1	0	SVM3 E
RPT	0	0	1	1	0	0	0	1	RPT 1
					1	0	1	1	RPT 9
IF	0	1	0	0	0	0	0	0	IF IR1=0
							0	1	IF IR1=1
							1	0	IF IR2=0
							1	1	IF IR2=1
					1	0	0	1	IF SW1=1
						1	0	1	IF SW5=1
END	0	1	1	0	0	0	0	0	END
					0	0	0	1	END RPT
					0	1	0	0	END IF
					1	0	0	0	END SVM1
							0	1	END SVM2
							1	0	END SVM3
							1	1	END SVMS
DCM	0	0	0	1	0	0	0	0	DCMG
					0	0	0	1	DCML
					0	0	1	0	DCMR
					0	0	1	1	DCMB
					0	1	X	X	DCMS
					1	0	0	1	DCM SPD 1
						1	1	0	DCM SPD 6

사용자 작성용 프로그램 명령어는 LED, WAIT, SVM, RTP, IF, END 그리고 DCM 등 크게 7종류로 나누어 설계 되었다. 우선 LED명령어는 하드웨어부에 장착된 두개의 발광다이오드(LED)를 ON/OFF하기 위한 명령어이다. 왼쪽은'L', 오른쪽은 'R'을 붙여주며 ON은 '1', OFF는 '0'을 입력한다. 둘째, WAIT명령어는 시간지연 함수 명령어이다. WAIT다음에 1~9까지의 숫자를 입력하여 지연시간을 설정한다. 셋째, SVM명령어는 서보모터의 각도를 제어할 수 있다. SVM다음의 1~3은 서보모터의 종류를 나타내고 그 뒤에 0~E는 각도를 나타낸다. 넷째, RPT명령어는 반복문에 사용된다. RPT다음에 1~9까지의 숫자를 입력하여 반복횟수를 설정하며 숫자를 입력하지 않을 경우에는 무한반복 명령어로 사용된다. 반복구간 설정을 위해 'END RPT'명령과 쌍으로 사용된다. 다섯째, IF명령어는 조건문에 사용된다. IF문은 적외선 센서와 리모컨 신호 분석용으로 사용되며 조건문에 의한 처리구간을 설정하기 위해 'END IF'명령과 쌍으로 사용된다. 여섯째, END명령어는 종료 명령어로 사용된다. 'END'가 단독으로 사용될 경우에는 프로그램 전체 종료의 의미를 갖는다. 나머지 'END_RPT', 'END IF', 'END SVM' 등은 해당 명령어의 종료지점을 나타낸다. 마지막으로 DCM명령어는 DC모터의 회전 방향과 속도를 제어하기 위해 사용된다. 직진은 'DCM'다음에 'G', 후진은 'B',왼쪽 모터 회전은 'L', 오른쪽 모터 회전은 'R'을 붙여주고 정지할 때는 'S'를 붙여준다. 모터의 속도 설정은 'DCM SPD'다음에 1~6까지의 숫자를 입력하여 제어한다.

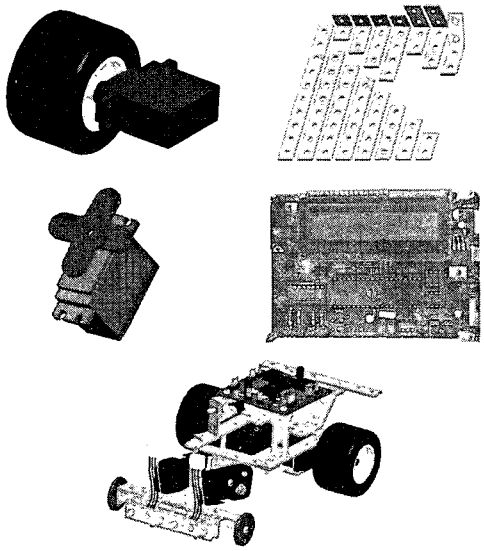
둘째, 실행 모드는 EEPROM에 저장된 명령어들을 읽어 들여 그에 해당하는 작업을 수행하는 동작모드이다. F12키를 눌러 입력된 프로그램을 실행하면 EEPROM의 0번지에서부터 END명령이 입력된 번지까지 프로그램을 읽어들어 명령코드를 해독하게 된다.



< 그림4 > 실행 모드 개념도

3.3 기계 구성부품 설계

로봇의 동작을 위해서는 몸체를 구성하는 부품들이 필요하며 학생들이 로봇의 몸체를 창의적으로 디자인할 수 있는 조립식 부품이 필요하다. 본 논문에서는 알루미늄 합금 프레임을 사용하여 다양한 형태의 로봇을 조립할 수 있도록 설계하였다. 다음으로 완성된 몸체가 움직일 수 있도록 하기 위해서 DC모터와 RC서보모터를 사용하였으며 외부 정보를 감지하기 위해서 적외선 센서, 소리감지 센서 그리고 터치센서 등이 사용되었다.



< 그림5 > 기계 구성부품 및 조립된 로봇

3.4 커리큘럼 설계

로봇제어용 프로그래밍 학습은 다음과 같은 3단계로 진행된다.

첫째, 프로그래밍 언어(명령어)학습. 기존 베이직 언어를 기반으로 한 로봇제어 명령어를 학습한다. 하나의 명령어를 배우면 바로 로봇에 적용하여 동작을 확인하도록 하였다.

둘째, 프로그램 예제 분석. 특정 동작을 수행하는 예제 프로그램을 분석하고 프로그램에 의한 로봇의 동작을 유추한다. 그런 다음 실제 로봇에 입력하여 동작을 확인한다.

셋째, 로봇 제작 및 프로그래밍. 특정 동작을 수행하는 로봇을 제작하고 프로그램을 작성하여 동작을 확인한다.

< 표2 > 프로그래밍 학습내용 설계

시	주제	학습 내용
1	로봇의 개요	- 로봇의 역사, 발전, 활용 - 프로그램 제어로봇 이해
2	로봇 구성품 이해	- 전자 부품 및 회로 이해 - 각종 모터 및 센서 이해
3	프로그래밍 준비	- 기초 명령어 실험을 위한 로봇 구조물 제작
4	명령어 학습1	- LED, DCM 등의 명령어 학습 - 학습 명령어 활용 실험
5	명령어 학습2	- SVM, RPT 등의 명령어 학습 - 학습 명령어 활용 실험
6	명령어 학습3	- IF, WAIT 등의 명령어 학습 - 학습 명령어 활용 실험
7	라인트레이서 제작	- 라인트레이서 외형 제작-
8	프로그램 작성	- 라인트레이서 프로그램 작성
9	어보이더 제작	- 어보이더 외형 제작
10	프로그램 작성	- 어보이더 프로그램 작성
11	강아지 로봇 제작	- 강아지 로봇 외형 제작
12	프로그램 작성	- 강아지 로봇 프로그램 작성

4. 적용 및 분석결과

본 논문에서 설계된 프로그램 제어 로봇은 충남지역에 위치한 K대학의 중등 정보영재학생 20명을 대상으로 적용되어졌다. 또한 비교분석을 위해 초등학교 저학년부터 공업고등학교 학생까지를 적용대상으로 하였다. 초등학생의 경우, 과학분야에 관심을 갖고 있는 대전지역의 로봇특기적성반 학생 100명을 대상을 하였다. 공업고등학생의 경우, 프로그래밍 학습이 거의 이뤄지지 않은 전남·북 및 경남의 공업고등학교 기계과 학생 40명을 대상으로 하였다.

본 논문의 최종 관심사는 학생들에게 주어진 '특정 임무를 수행하도록 로봇의 제작하고 프로그래밍 하라'는 주제를 '얼마나 빠른 시간에 정확히 완수 하는가'에 있다. 학생들에 대한 평가는 설계된 커리큘럼을 기준으로 하여 각 시간별 학습내용에 대한 이해도를 측정하는 방식으로 이루어졌다. 아래 표는 해당 시간에 학습내용에 평가를 통과한 학생들을 백분율로 나타내고 있다.

< 표3 > 과제별 수행률 분석[%]

학년	기초 명령어 이해	예제 프로그램 해석	창의적 로봇 설계	과제수행 완성도
초등 저학년	41	30	35	26
초등 고학년	74	75	83	80
공업고등 기계과	90	88	92	88
중등 정보영재	99	95	90	98

초등학교 저학년의 경우, 영어 능력의 부족과 로봇 및 프로그램에 대한 전반적인 기본지식의 부족으로 41%의 학생만이 기초 명령어를 이해 할 수 있었다. 이로 인해 다양한 예제 프로그램 해석에도 한계가 발생했으며 주어진 과제에 대해서도 소수의 학생만이 수행할 수 있었다. 고학년의 경우, 반복되는 명령어 학습에 대한 적응과 로봇 프로그램밍에 대한 흥미로 인해 프로그래밍에 대한 인식의 폭이 넓어져 가는 것을 알 수 있었다.

공업고등학교 기계과 학생들의 경우, 대체적으로 만족스런 결과를 얻을 수 있었다. 여기에서 한 가지 주목할 점은 프로그램에 대한 사전 지식이 없는 학생들이었지만 교육과정 후반부에는 보다 심도 있는 프로그래밍 툴에 대한 요구가 나타나기 시작했다는 것이다. 이는 프로그래밍에 대한 흥미가 유발되고 지적호기심 자극이 발생했다는 것을 나타낸다.

중등정보영재 학생들의 경우, 프로그래밍에 대한 기본 지식을 갖추고 있었기 때문에 명령어 학습 및 예제 프로그램 이해에서 매우 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이 경우, 학생들의 프로그램이 실제 로봇의 움직임으로 나타나면서 프로그램에 대해 보다 현실적으로 체험할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존 컴퓨터 프로그램 교육과 블록을 이용한 교육의 한계를 극복할 수 있는 프로그램 제어 방식의 교육용 로봇을 설계 및 구현 하였다. 기존의 로봇 제어 프로그램 방식이 컴퓨터로 작성한 프로그램을 이용하여 로봇을 제어하는 반면 본 논문에서는 일반적인 PS/2키보드를 로봇에 직접 연결하여 제어 프로그램을 입력할 수 있도록 하였다. 이를 통해 로봇 교육에 있어서 장소의 제약을 받지 않을 뿐만 아니라 부대시설을 갖추지 않고도 교육이 가능하도록 하였다.

또한 구현된 로봇을 이용하여 교육을 진행한 결과, 초등학교 고학년 이상에서 높은 학업 성취도를 얻을 수 있었다. 그리고 주어진 임무를 수행하는 동안 학습 동기 유발이 자연적으로 발생하여 적극적인 수업 참여가 이루어 졌다. 특히 공업고등학교 학생들의 경우, 보다 높은 수준의 교육에 대한 요구를 하는 등 학생들의 지적 호기심 유발하는 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] 강성현, 이재호, " 정보과학영재를 위한 로봇 교육 프로그램의 설계", 2006년 하계 한국컴퓨터교육학회 · 정보교육학회 공동학술발표논문집 제 10권 2제2호, pp.345-349

[2] 유인환, " 창의적 문제해결력 신장을 위한 로봇 프로그래밍의 가능성 탐색", 교육과학연구 제36집 제2호(2005), pp.109-128

[3] 권지연, 강오한, "논리적 사고력을 기반으로 한 정보영재 판별도구에 관한 연구", 2006년 하계 한국컴퓨터교육학회 · 정보교육학회 공동학술발표논문집 제 10권 2제2호, pp.40-43

[4] 최유현, "실과(기술 가정) 교육목표 및 내용 체계 연구(1). 실과편", 한국교육과정평가원. 연구 보고 RRC-2001.

[5] 임동균, 윤은영, 오원근, "멀티미디어를 이용한 교육용 로봇 제작 원격 교육 콘텐츠", 한국해양정보통신학회논문지 제11권 제1호, pp20-26