

Development of a Robot Hands-on Activity Task for Middle School Technology Subject in 2015 Revised Curriculum

Mi-So Lee¹⁾ · Kyung-Taek Lee^{1)*}

Korea National University of Education

2015 개정 교육과정 중학교 기술교과 로봇 체험활동과제 개발

이미소¹⁾ · 이경택^{1)*}

한국교원대학교

<ABSTRACT>

The purpose of this study is to develop a robot hands-on activity task for the ‘manufacturing technology’ section of the middle school technology subject of the 2015 revised curriculum.

The study procedure proceeded to the preparation-development-improvement phases. In the preparation stage, the textbook of the 2015 revised curriculum was analyzed to suggest the necessity of robot education, and commercial education robots were analyzed to supplement the weak points. In the development stage, a robot education kit that differentiates it from the existing robots was developed, and teaching and learning materials that can be used together were developed to construct a robot hands-on activity task. In the improvement phase, expert verification was first conducted, and the robot hands-on activity task including the robot education kit and teaching and learning materials were preliminary tested to correct and supplement them.

The results obtained in this study are as follows.

First, a robot education kit was developed that can learn the components, operation principles, etc. of the robot, including all of the components of them, the driving unit, the control unit, the sensor unit, and the power unit.

Second, some parts of the robot education kit were designed and manufactured by the students themselves, so that students can show their creativity in the assembly process of the robot education kit.

Third, in order to construct the robot hands-on activity task with the robot education kit, teaching and learning materials on the robot’s operation principle, robot type, and robot components were developed.

Key words : Robot, Hands-on activity task, technology education

* Corresponding Author : Kyung-Taek Lee, ktlee@knue.ac.kr

Received August 26, 2020; Reviewed September 1, 2020 Corrected September 24, 2020; Accepted September 25, 2020

© 2020. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

I. Introduction

1. Research Background and Purpose

현대 사회는 급속한 산업화를 거쳐 제4차 산업혁명의 시대로 접어들면서 큰 변화를 겪게 되었다. 제4차 산업혁명의 핵심은 빅데이터, 인공지능, 로봇공학, 사물인터넷, 무인운송수단, 3D 프린팅, 나노기술로 일컬어지고 있으며, 이 중 로봇공학은 급속한 발전을 이루어 사회 전체의 생산성을 높이는 역할을 하고 있다. 지난 50년간 로봇기술은 비약적으로 발전해왔으며, 최근 인공지능 및 ICT기술로 대표되는 융합기술 발전에 힘입어, 그리고 고령화, 삶의 질 향상에 관한 사회적 수요에 대응하여 제조 및 서비스 전 분야에 걸쳐 로봇이 폭발적으로 보급되고 있다(Ministry of Trade, Industry and Energy, Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, 2018, p. 3). 로봇은 원래 비교적 단순하고 반복적인 노동에 투입되었지만 기술의 발전과 함께 점차 복잡한 작업을 수행할 수 있게 되어, 현재 로봇은 인간보다 더 높은 정확도와 효율로, 인간이 해오던 많은 일을 대신할 수 있게 되었다. 오늘날 우리나라의 로봇 보급 현황은 세계에서 가장 높은 편이며, 이러한 추세는 더욱 가속화되어 로봇의 활용도는 나날이 커질 것으로 보인다.

기술·가정은 실천의 성격을 가진 보통 교과로서 다양한 실천적 경험을 바탕으로 학습자들의 문제해결능력을 키워서 진로 탐색 역량을 길러주는 것을 중점으로 한다(Ministry of Education, 2015, p. 3). 기술·가정 교과와 '기술의 세계' 분야는 생존과 적응에 필요한 산출물을 만드는 창의력을 높이는 역할을 수행하며, 실천적 경험으로 기술적 지식, 태도, 기능을 함양하여 문제해결능력, 비판적 사고력, 의사결정능력, 창의력 등을 길러 미래 사회를 살아갈 역량을 갖추도록 하는 데 목적을 두고 있다. 따라서 '기술의 세계' 분야의 교육은 급변하는 과학기술의 발달에 따라 인류가 이룩한 기술 시스템을 이해하고 더 나은 기술 시스템을 설계하며, 능동적으로 대처할 수 있는 기술활용능력을 길러 미래 사회에 대처할 수 있도록 해야 한다(Ministry of Education,

2015, p. 4). 따라서 제4차 산업혁명의 시대에 즈음하여, 기술 교과가 학생들의 로봇에 대한 이해도를 높이기 위해 다양한 실천적 경험으로 로봇에 관한 기술적 지식, 태도, 기능을 길러주는 것이 필요하다.

이를 위해 이 연구에서는 기술교과에서 이루어지고 있는 로봇교육의 실태를 확인한다. 또한 2015 개정 교육과정의 중학교 기술 교과 '제조기술' 단원을 위한, 로봇의 이해도를 높이기 위한 로봇 제작 체험 활동과제를 개발한다.

2. Definition of Terminology

1) Robot Components

로봇의 구성요소를 분류하는 방식은 학자마다 다르다. James(2000)는 산업용 로봇의 구성요소를 매니플레이터, 말단장치, 동력 공급장치, 제어기로 분류하였다. Saeed(2002)는 로봇의 구성요소를 매니플레이터, 말단장치, 구동기, 센서류, 제어기, 처리기로 분류하였다.

본 논문에서는 로봇의 구성요소로서 매니플레이터, 말단장치, 구동기를 묶어 구동부라고 칭하고 센서장치는 센서부, 입출력 제어 장치는 제어부, 동력 공급장치는 전기로 동력을 사용하는 동력 공급장치에 초점을 맞추어 전원부라고 칭하기로 하여 4대 구성요소로 나누어 다루기로 한다. 각 구성요소에 대한 설명은 아래와 같다.

(1) Actuator

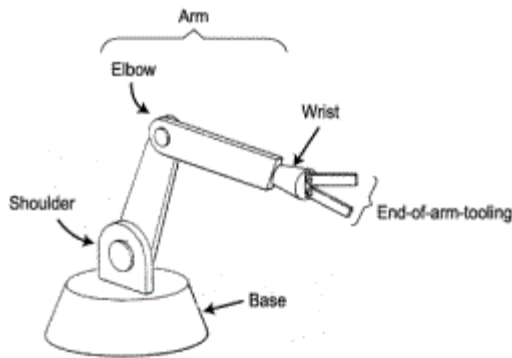
구동부는 로봇이 작업을 수행할 수 있는 실제 동작이 구현되는 장치를 말한다. 구동부는 제어 명령을 통해 용접, 운반, 조립과 같은 반복적이고 자동적인 작업을 수행할 수 있다. 산업용 로봇을 기준으로 구동부에는 매니플레이터, 엔드 이펙터(End-effector), 관절 등이 포함된다.

매니플레이터는 인간의 팔과 유사한 동작을 제공하는 기계적인 장치이며 주요 기능은 팔 끝에서 공구가 원하는 작업을 할 수 있도록 특별한 로봇의 동작을 제공하는 것이다(James, 2000). 매니플레이터를 통해 실제 환경에서 물건을 집거나 옮기는 등의 원하는 동작을 수행할 수 있다.

매니퓰레이터는 직접 운동을 하는 관절(Joint)과, 이 관절들 사이를 연결하는 링크(Link)로 구성되고, 이러한 매니퓰레이터를 통해 로봇의 자유도가 결정된다. 로봇이 3차원 공간에서 임의의 자세를 취하기 위해서는, 로봇은 최소한 6자유도를 가져야 한다.

(2) Sensor

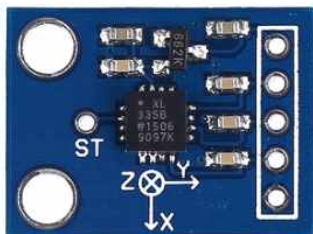
센서부는 인간의 감각 기관에 해당하는 부분으로 온도, 거리, 힘과 같은 자연계의 물리량을 전기적 신호로 변환하는 역할을 한다. 센서부를 통해 로봇이 외부의 환경을 감지하고 조건이 일치하면 정해진 동작을 수행하게 된다. 센서는 초음파 센서, 가속도 센서, 감압 센서, 터치 센서 등 다양한 종류가 있다.



[Figure 1] Manipulator



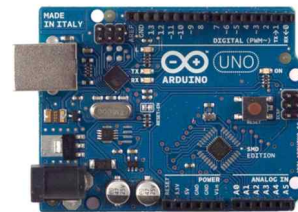
[Figure 2] Ultrasonic Sensor



[Figure 3] Accelerometer

(3) Controller

제어부는 인간의 뇌에 해당하는 부분으로 입출력을 총괄하는 역할을 한다. 제어부는 센서부를 통해서 들어온 입력 신호를 받아들이고 해석하여, 모터, LED 등에 출력 신호를 보내게 된다. [Figure 4]는 로봇 교육 키트 수준에서 제어부로 사용할 수 있게 개발된 보드인 아두이노 UNO이고 [Figure 5]는 Atmel사의 ATmega128 칩이다.



[Figure 4] Arduino Uno



[Figure 5] ATmega128

(4) Power Supply

전원부는 전력을 필요로 하는 장치에 적절한 전력을 공급하는 장치이다. 로봇의 센서부, 제어부, 구동부 모두 외부 전력에 의해 동작이 가능하므로 각 부품의 사양에 맞게 적절히 전력을 공급해야 한다. 높은 전류를 요구하는 모터의 경우 전원부를 제어부와 독립적으로 구성하여 여러 개의 전원부를 가질 수도 있다. 전원부에는 레귤레이터, 전지, 변압기, 정류회로 등이 포함될 수 있다.

2) Robot Control

로봇은 제어부에 저장된 프로그램에 의해서 움직이게 된다. 프로그램을 통해서 센서 입출력, 모터 출력 등을 제어할 수 있다. 이 때, 로봇을 제어하는 방식은 크게 시퀀스 제어와 피드백 제어로 나눌 수 있다.

(1) Sequential Control

시퀀스 제어는 로봇이 미리 정해진 순서에 따라 동작하도록 제어하는 방식이다. 시퀀스 제어는 실제 출력이 처음 의도된 설정 값에 얼마나 근접해 있는지가 비교되지 않는다(Mikell, 2009). 시퀀스 제어의 대표적인 예는 도로의 신호등이 있다. 신호등은 정해진 순서에 따라 각 신호에 맞는 색깔의등을 밝히게 된다. 외란에 의해서 출력 값이 제대로 나오지 않아도 제어부에서는 기존과 동일한 순서대로 신호를 보낸다.

(2) Feedback Control

피드백 제어의 가장 큰 특징은 결과 값에 따라서 피드백을 한다는 점이다. 센서는 결과 값을 측정하여 입력과 비교함으로써 피드백 제어를 할 수 있다(Mikell, 2009). 피드백 제어에서 외란이 발생할 경우 현재 값과 목표 값의 차이를 감지하여 제어부에서 신호를 조절할 수 있다. 이 때문에 피드백 제어는 세밀한 제어가 필요한 경우에 사용한다.

3. Previous Research for Robot Education

<Table 1> Previous research for robot education

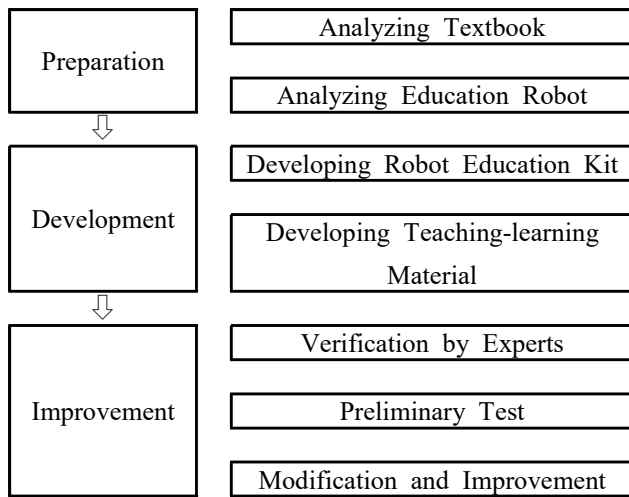
Resear cher (Year)	Thesis Title	Content
Chong (2015)	The development of UCR(User Created Robot) education program on middle school technology·home economics curriculum	The educational program which is composed of a mini-car-type robot kit that works with Arduino and Scratch
Jang (2014)	Influence of Robot Electronic Kit-applied Educational Program on a Middle School Student's Giftedness	Developing a middle school gifted education program with an insect-type electronic education kit

Sung (2016)	A Design and Application of Robotics Integrated Curriculum RMAMS(Robot-Mechanism-Art-Music-Science) Based on Storytelling	Developing a robot convergence curriculum for elementary school students using Lego Mindstorms NXT robot teaching tools
Kim et al. (2010)	Development of Robot Instruction Materials of Technology-Home Economics by ADDIE Model	Developing class materials for producing line tracers using Lego Mindstorms for middle school students
Lee (2012)	Development of Technological Problem Solving Activity in accord with Students' Club Activity for Creative Hands-on Activity at the Middle School Level	Developing an activity task that can be used in junior high school club activities with the design-carpentry-robot production steps

로봇 교육에 관한 선행 연구는 다음과 같다. Sung(2016)과 Kim et al.(2010)은 로봇 교구인 Lego Mindstorms을 활용하여 로봇 교육프로그램을 개발하였다. Jang(2014)은 마이크로프로세서를 활용하지 않고 전자소자를 활용하여 곤충 모양 로봇을 제작하는 중학교 영재교육프로그램을 개발하였다. Chong(2015)과 Kim et al.(2010)은 미니카, 라인트레이서처럼 자동차 형태의 로봇을 활용한 교육프로그램을 개발하였다. Lee(2012)는 로봇제작과 목공활동을 결합하여 중학교 동아리에서 활용할 수 있는 교육프로그램을 개발하였다. 이 로봇 교육프로그램의 다수는 시중에 판매되는 키트를 활용한 것이 많다. 다양한 교구를 활용하여 로봇 수업자료가 개발되고 있으나, Chong(2015)과 같이 초등학교 실과 및 컴퓨터 교육에 치우쳐져 있거나, 이미 완성된 로봇을 동작시켜보는 수준에 그치고 있다.

II. Research Methods

본 연구는 Mager, Beach(1967)의 준비-개발-개선 단계를 본 연구에 맞게 수정하여 진행되며, 구체적인 절차는 [Figure 6]과 같다.



[Figure 6] Research procedure

준비 단계에서는 2015 개정 중학교 기술·가정 교과서를 통해 로봇 관련 내용을 분석한다. 또한, 교육용 로봇이 어떤 구성요소와 부품으로 이루어지는지를 분석하고, 이를 통해 본 연구에서 개발할 로봇 체험활동과제에 포함될 구성요소와 부품을 선정한다. 개발 단계에서는 기존의 교육용 로봇을 개선한 로봇 교육 키트를 개발하고, 로봇 관련 문헌을 조사하여 교수·학습자료를 개발함으로써 체험활동과제를 구성한다. 개선 단계에서는 전문가 검증과 함께, 중학생을 대상으로 예비시험을 수행하고 이를 바탕으로 체험활동과제를 수정하고 보완한다.

III. Results

1. Preparation Phase

1) Analysis in Textbooks

2015 개정 교육과정의 중학교 기술 교과서 ‘제조 기술 시스템’ 단원에서는 제조 기술에 대한 정의,

제조 기술의 투입, 과정, 산출 및 발달 과정, 제품의 생산 과정 등을 학습할 수 있으며 미래의 제조 기술로 드론, 가사 로봇 등을 소개하고 있다(Jung et al., 2017). 따라서 ‘제조 기술 시스템’ 단원에서 학습 내용과 연계한 로봇 관련 체험활동과제를 제시하여 로봇에 대한 이해도를 높일 필요가 엿보인다.

2) Analysis of Education Robots

시중의 교육용 로봇을 분석하여 <Table 2>와 같이 정리하였다. 그 결과, 다수의 교육용 로봇에서 구동부, 센서부, 제어부, 전원부라고 하는 로봇의 구성요소를 충족하지 않은 것이 확인되었다. 학생들이 교육용 로봇을 통해 실제 로봇의 구조, 구동 방식, 동작 원리 등을 이해하기 위해서는 로봇의 구성요소를 모두 충족하는 로봇 교육 키트가 필요하므로, 본 연구에서는 로봇의 구성요소를 모두 포함하는 형태를 개발하기로 한다.

<Table 2> Robot training kits on sale

Product Name	Component	Characteristics
Finger Robot Arm	Actuator	No Power Supply, Controller, Sensor
3D.O.F Robot Arm	Actuator	No Power Supply, Controller, Sensor
:move Robot	Power Supply, Controller, Actuator	No Sensor
Mounted Hydraulic Robot Arm	Actuator	No Power Supply, Controller, Sensor

2. Development Phase

1) Development of Robot Education Kit

로봇 교육 키트는 로봇의 4대 구성요소(구동부, 제어부, 센서부, 전원부)를 모두 포함하도록 개발하였다.

학교 현장에서 학생들과 같이 만들 수 있는 로봇

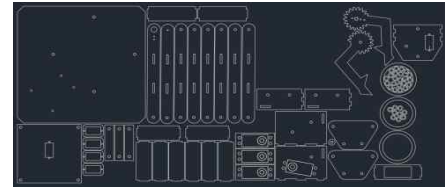
은 크게 제작형과 조립형으로 나눌 수 있다. 제작형은 학생이 부품을 스스로 설계하여 조립·완성하도록 함으로써 창의력 증진에 도움이 될 수 있으나, 수업 시수 확보, 학생들 사이의 수준 차이 등에 의해 현장 적용에 어려움이 있을 수 있다. 그에 반해, 조립형은 미리 제작된 부품의 일부 혹은 전체를 제공하여 학생들이 실습 지시서를 따라가며 조립하는 방식이어서 제작형에서 겪을 수 있는 어려움을 피할 수 있지만 창의력 증진에는 한계가 예상된다. 따라서 이 연구에서는 넉넉하지 않은 수업 시수와 학생의 수준에 맞추기 위해 조립형을 채택하되, 일부 부품은 학생들이 구상, 설계, 제작하게 하였다.

로봇 교육 키트의 제어 방식 역시, 수업 난이도를 낮추기 위해 피드백 제어보다 단순한 시퀀스 제어 방식을 채택하였다.

로봇의 기본적인 동작으로서 몸체 회전, 팔 뻗기, 집게 닫기를 구현하여, 3자유도를 갖도록 설계하였다. 프리핸드 스케치를 통해 구상도를 완성하고 학교 현장에서 레이저 커팅기를 활용하여 체험활동과제를 제작할 수 있도록 AutoCAD로 도면을 설계하였다([Figure 7]).

<Table 3> Main parts of assembly-type robot training kits

Part	Specification/ Model Name	Role and Characteristic
Arduino UNO	-	I/O Control, Automated Robot
Servo Motor	SG-90	Converting electrical energy into kinetic energy
Ultrasonic Sensor	HC-SR04	Measuring the distance in front of the sensor
Bread Board	Mini 170 pins	Connecting wires without soldering
FM Jump Cable	-	Connecting wires without soldering
MM Jump Cable	-	Connecting wires without soldering
9V Battery	-	Supplying Electricity
Power Snap	9V DC Plug Type [SZH-BH010]	Supplying Electricity



[Figure 7] Part designs for 1st model

아두이노가 제어 코드에 맞게 입출력을 제어하기 위해서는 서보모터와 초음파 센서를 정해진 핀에 연결해야 한다. 또한, 부품 데이터 시트를 참고하여 신호선, 접지선, 전원선을 구분하여 연결해야 한다. 이러한 점을 고려하여 [Figure 8]과 같은 회로도를 구성하였다.

센서부로 입력을 받고 구동부로 출력이 나타나는 명확한 동작을 통해 학생들이 로봇의 동작 원리를 이해하도록 하였다. 초음파 센서를 통해 로봇이 전방의 물체를 감지하면 물체를 집어 옮기는 동작이 실행되도록 아두이노 제어 코드(코딩)를 작성하였다. 로봇의 동작 순서를 세분화하면 다음과 같다.

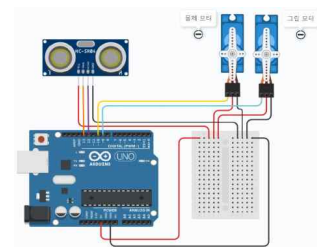
첫째. 로봇 집게 앞에 근접한 물체를 감지한다.

둘째. 집게가 닫히면서 물체를 집는다.

셋째. 로봇 상단이 회전하면서 물체를 운반한다.

넷째. 집게가 열리면서 물체를 놓는다.

다섯째. 로봇 상단이 회전하여 제자리로 돌아온다.



[Figure 8] Circuit Diagram



[Figure 9] 1st Model

아두이노에 코드(코딩)를 다운로드하고 동작 시연을 통해 도면과 코드에서 이상이 있는 부분을 수정하여 [Figure 9]와 같이 1차 모델을 완성하였다.

학생 수준을 감안하여 아두이노 제어 코드는 기본 제공하는 것으로 하였다.

2) Development of Teaching and Learning Materials

앞 단계에서 개발한 로봇 교육 키트와 함께 수업에 적용할 수 있도록, 교사용 수업 자료와 학생용 활동지를 개발하였다. 수업은 총 5차시로 구성되어 있으며, 각 차시 별 활동과 수업 목표, 수업 형태는 <Table 4>와 같다. 로봇 교육 키트를 만드는 활동을 하기 전에 로봇에 관련된 내용을 미리 학습하도록 구성하였다. 활동지를 통해 로봇을 만드는 과정에서 발견된 문제점, 이를 해결한 방법 등을 정리하며 반성적 성찰을 해볼 수 있도록 하였다. 마지막 차시에는 전체적인 활동과 함께 로봇에 대한 자신의 생각을 발표하도록 수업을 구성했다.

<Table 4> Class outline

Activity	Goal	Type	Time
Understanding of manufacturing technology.	Describe the characteristics and development process of modern manufacturing technology.	Lecture	1
	Explain the characteristics of modern manufacturing technology.		
	Explain the difference between past manufacturing technology and modern manufacturing technology.		
Making a Robot(1)	Explain how robots are used in manufacturing.	Lecture·Practise	2
	The structure of the robot can be distinguished.		
	Problems can be discovered and solved in the manufacturing process.		
	Predict future manufacturing technology changes.		

Making a Robot(2)	Make a robot and operate it according to its actual use.	Practice·Annotation
	Find and improve the problems of the manufactured robot.	

2. Improvement Phase

1) Expert Verification

로봇 교육 키트 1차 모델을 완성한 후, 교육 경력 5년 이상의 기술교사 3인과 면담을 실시하여 1차 모델을 보완하기 위한 의견을 수집하였다. 면담 결과, <Table 5>와 같은 의견을 얻었다.

<Table 5> Opinions obtained from technology education teacher

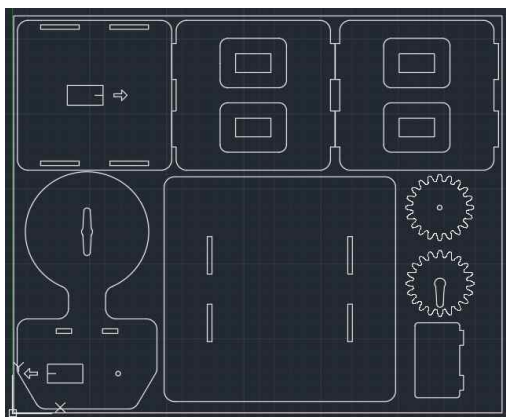
Teacher	Opinion	Improvement
Lee	The assembly difficulty is not suitable for middle school students due to too many parts.	Difficulty
	The structure should be simplified as much as possible so that it can be made intuitively.	
Park	There is a need for space for students to freely produce by showing their own creativity during production.	Creativity
Park	It would be better to make the parts rounded because the corners are sharp.	Safety
	It would be better to shorten the manufacturing process by reducing the frequency of use of the tool.	

2차 모델에서는 체험활동과제의 난이도를 중학생에게 적합하게 조정하기 위하여 부품 수를 대폭 줄였으며, 자유도도 낮춰서 2자유도로 수정했다. 1차 모델은 결합 시 볼트와 너트를 주로 사용해 드라이

버가 주 사용 공구였으나 2차 모델은 결합 시 끼워맞춤과 접착 방식을 주로 사용하도록 하여 사용 공구도 최소화하였다. 또한, 방향이 헛갈릴 수 있는 부분에 화살표 모양의 표식을 넣어 안내자 역할을 하도록 하였다. 특히 1차 모델의 부품 수([Figure 7])에 비해 2차 모델의 부품 수([Figure 10])를 대폭 감소시켜서, 학생들이 조립하기에 어려움을 대폭 줄이도록 했다([Figure 11]). 특히, 조립형의 한계를 벗어나 학생 창의성 발현에 도움을 주고자, 로봇의 집게는 학생들이 직접 설계를 하고 원하는 재료와 모양으로 만들 수 있게 했다.

교사용 수업 자료와 학생용 활동지에 대한 타당도를 검증하기 위해 교육 경력 5년 이상의 기술 교사 6명을 대상으로 전문가 검증을 실시하였다.

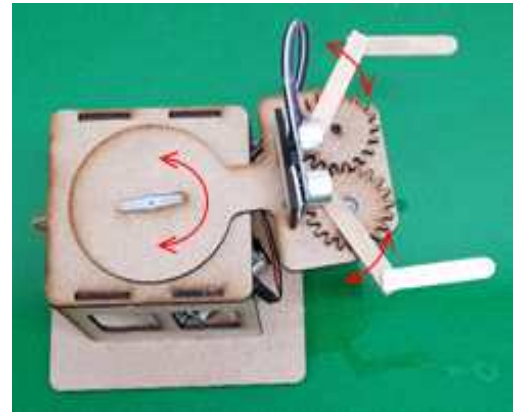
이전 단계에서 개발한 체험활동과제로 구성된 교사용 수업자료와 학생용 활동지를 전문가 타당도 검사지와 함께 제공하여 체험활동과제 평가를 의뢰하였다. 검사지의 체험활동과제 평가 항목은 흥미도, 이해도, 시간의 적절성, 수준의 적절성, 도구의 적절성으로 영역이 나누어져 있고, 검증 결과는 <Table 6>과 같다.



[Figure 10] Part designs for 2nd model

전문가 검증을 통해 얻은 의견으로 실습 시간의 수업 차시를 추가하고 수업 목표를 수정하였다. 학생들의 수업 참여도를 높이기 위해서 발표, 토론 수업의 비중을 높였다. 학생들의 흥미도를 높이기 위해서 메모지를 활용한 의견 나눔 활동을 추가하여 수업을 구성하였다. 이에 맞게 교수·학습자료에 포함된 교수-학습 지도안, 수업용 프레젠테이션 자료,

학생용 활동지를 대폭 수정하였다. 수정된 차시별 수업 개요는 <Table 7>과 같다.



[Figure 11] 2nd Model

<Table 6> Expert verification results

Field	Survey	<i>M</i>	<i>SD</i>
Goal	The learning material is structured in accordance with the teaching objectives.	4.67	0.52
Interest	The learning material is structured to inspire interest.	4.67	0.52
Understanding	The learning materials are structured to help you understand the robot.	4.83	0.41
Time	The time structure of the learning material is appropriate.	4.17	0.41
Rel Le	The difficulty of learning content is suitable for middle school students.	4.50	0.55
eva vel	It is appropriate as the content of a picture or story to help learners understand.	4.33	0.52
To ol	It is appropriate for the selection of media and materials used for learning.	4.50	0.84

<Table 7> Revised class outline1

Activity	Goal	Type	Time
Understanding manufacturing technology	Describe the characteristics and development process of manufacturing technology. Explain the characteristics of modern manufacturing technology. Explain the difference between past manufacturing technology and modern manufacturing technology.	Lecture	1
Understanding robots	Explain how robots are used in modern manufacturing technology. The types and components of the robot can be distinguished. Explain the principle of operation of a robot.	Lecture·Discussion	1
Making a Robot	By making a robot, it can be operated according to the purpose. Problems can be discovered and solved in the manufacturing process. You can find and compensate for the deficiencies of the manufactured robot.	Lecture·Practice	2
Presenting and Evakuating Home work	The robot's manufacturing process can be summarized and presented. You can present your thoughts on the role of robots in the future society.	Practice·Announcement	1

2) Preliminary Test

체험활동과제의 적합성을 확인하기 위해서 충청북도 C시 소재의 ○○중학교 2학년 학생 14명을 대상으로

예비시험을 하고 설문조사를 진행하였다. 설문지는 흥미도, 이해도, 시간의 적절성, 수준의 적절성, 도구의 적절성으로 영역을 나누었고 Likert 5점 척도로 해당하는 점수에 체크를 표시하도록 하였다. 주관식 문항을 통해 흥미롭거나 인상 깊었던 점, 어려웠던 점, 기타 의견 및 건의사항을 제시하도록 하였다.



[Figure 12] Preliminary Test

객관식 설문 결과는 <Table 8>과 같다. 흥미도, 이해도, 시간, 도구 영역에서는 3.9점 이상이 나와 4점에 해당하는 ‘그렇다’에 가까운 평가를 받았다. 그러나 수준 영역의 만들기 수행 문항과 완성품 동작 문항에서 3점 중반의 점수가 나와 상대적으로 낮은 점수를 보이고 있다. 이는 학생들이 로봇을 조립하고 동작시키는 과정에서 어려움을 겪은 것에 기인하는 것으로 추정된다.

<Table 8> Student survey

	Survey	M	SD
Interest	I was interested in classes through experiential activities.	4.08	0.69
	My interest in robots has increased.	4.00	0.86
Understanding	It was helpful to understand the types and roles of robots through experiential activities.	4.08	0.55
	I learned about the components and operation process of the robot.	3.92	0.71
Time	The time for experiential activities was appropriate.	4.08	0.69
	The time for the experiential activity was appropriate.	4.17	0.73

Level	There was no difficulty in learning the contents of the teaching materials.	3.92	0.91
	There was no difficulty in carrying out the experiential activity.	3.67	1.01
	There was no difficulty in operating the product after performing the experiential activity.	3.58	1.18
Tool	There was no difficulty in using tools or tools used while carrying out experiential activities.	3.92	1.08

3) Modification and Improvement

수업에 적용한 후 얻은 설문 결과를 바탕으로 최종적인 수정 및 보완 과정을 거쳤다. 학생들이 어렵다고 답변한 부분과 수업 적용을 하면서 발견된 문제점들을 정리하여 개선 방안을 도출하였다(<Table 9>).

<Table 9> Weak points and improvements

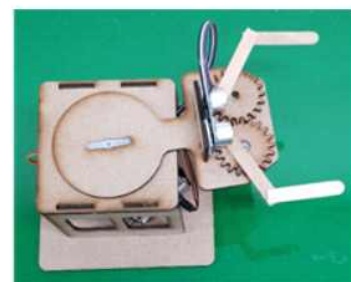
Weak Point	Improvement
Difficulty in connecting circuits	Separating lines by color and placing lines close to the same parts
Difficulties in making robot hands	Attaching various example photos to class materials
Difficulty in movement	The process of making in the practice manual is subdivided and guided in more detail.
Lack of background knowledge	Adding reading material to student worksheet Adding relevant videos and photos to class presentation materials

최종적인 수정 및 보완을 거쳐 체험활동과제를 완성하였다. 체험활동과제는 체험활동의 개요, 내용 체계 및 성취기준, 특징, 수업 일정 안내, 교수-학습

지도안, 수업용 프레젠테이션 자료가 포함된 교사용 자료(Figure 13, 14)와 학생용 활동지로 구성된다(Lee, 2020).

1 체험활동의 개요

본 체험활동의 목적은 중학교 기술 교과에서 제조 기술 시스템과 관련한 내용 요소 학습 시에 활용할 수 있는 로봇 제작 체험활동 과제이다. 스마트 공장에서 사용되는 로봇을 직접 만들어볼 수 있으며 로봇의 구동부는 학생들이 다양한 모양으로 만들어볼 수 있도록 자유도를 주었다. 로봇이 더 움직임을 잘 질을 수 있도록 개선하는 과정을 체험활동에 포함하여 학생들이 자신의 아이디어를 구체화 할 수 있도록 하였다.



2 내용체계 및 성취기준

1) 2015개정 실과(기술·가정)/정보과 교육과정 내용체계
기술 교과 내용체계 중 기술시스템 영역의 제조 기술 시스템 내용 요소를 위한 수업에 적용할 수 있다.

[Figure 13] Teacher's materials

4 수업 일정

활동	수업 목표	수업 형태	차시
제조 기술 이해하기	- 제조 기술의 특징과 발달 과정을 설명할 수 있다. - 현대 제조 기술의 특징을 설명할 수 있다. - 과거의 제조 기술과 현대 제조 기술의 차이점을 설명할 수 있다.	강의	1
로봇 이해하기	- 현대의 제조 기술에서 로봇이 어떻게 쓰이는지 설명할 수 있다. - 로봇의 종류와 구성요소를 구분할 수 있다. - 로봇의 작동원리를 설명할 수 있다.	강의 토론	1
로봇 만들기	- 로봇을 제작하여 용도에 맞게 작동할 수 있다. - 제작 과정에서 문제점을 발견하고 이를 해결할 수 있다. - 제작한 로봇의 미흡한 점을 찾아 보완할 수 있다.	강의 실습	2
과제를 발표 및 평가하기	- 로봇의 제작 과정을 정리하여 발표할 수 있다. - 미래 사회에서 로봇의 역할에 대한 자신의 생각을 발표할 수 있다.	실습 발표	1

[Figure 14] Teacher's materials

교수-학습 지도안은 수업 주제를 차시 별로 나누어 제공하고 각 수업 별로 학습목표, 필요한 자료, 단계, 학습과정, 유의점을 명시하도록 하였다 ([Figure 15, 16] 참조).

수업 주제		로봇 이해하기		
학습목표	- 현대의 제조 기술에서 산업용 로봇이 어떻게 쓰이는지 설명할 수 있다. - 로봇의 종류와 구성요소를 구분할 수 있다. - 로봇의 작동원리를 설명할 수 있다.	차시	2/5	
교수-학습 매체 및 자료	PPT, 영상자료, 활동지, 포스트잇			
단계	학습 과정	교수-학습활동	학생활동	유의점
도입	동기 유발: 학습목표 제시	- 전시 학습 상기 : 제조 기술 - 최신 로봇 관련 동영상 재생 - 학습목표 제시	- 전시 학습 확인 - 동영상 시청 - 학습목표 확인	동영상 재생 여부 확인
전개	학습내용 제시	- 우리 주변의 로봇은 무엇이 있는지 생각해볼까요? 4인 1조로 모둠을 구성하여 활동지 및 포스트잇 배부 - 활동지를 작성하고 포스트잇에 옮겨 적도록 지도 - 로봇이 우리 사회에 미치는 영향 - 질문을 반으로 나누어 긍정적 영향, 부정적 영향으로 칸을 나눈다. - 포스트잇을 분류하여 질문에 붙이도록 지도 - 포스트잇을 하나씩 살펴보고 활동 내용을 정리	- 우리 주변의 로봇에 대해 자유롭게 발표 4인 1조로 작성 - 활동지 및 포스트잇 작성 - 포스트잇 부착 - 로봇의 종류와 구성요소 이	모둠 구성을 사전 구상

[Figure 15] Teaching-learning guidance

수업에서 활용할 수 있는 프레젠테이션 자료 (Figure 17 참조)를 제작하여 첨부하였다. 프레젠테이션 자료를 통해 로봇과 관련된 내용을 소개하도록 구성하였다. 로봇의 종류, 구성요소, 동작 과정 및 원리 등을 소개하여 실습에 앞서 관련 내용을 숙지할 수 있도록 하였다.

수업 주제		과제를 발표 및 평가하기		
학습목표	- 산업용 로봇의 제작 과정을 정리하여 발표할 수 있다. - 미래 사회에서 로봇의 역할에 대한 자신의 생각을 발표할 수 있다.	차시	5/5	
교수-학습 매체 및 자료	산업용 로봇 모형, 활동지			
단계	학습 과정	교수-학습활동	학생활동	유의점
도입	학습목표 제시	- 전시학습 정리 - 학습목표 제시 - 활동지 배부	- 전시학습 확인 - 학습목표 확인 - 활동지 확인	활동지 준비
전개	문제점 확인 및 개선	- 제작 과정에서 어려웠던 점, 발견한 문제점 해결 과정을 기록하도록 지시 - 평가항목 및 평가절차 안내 - 완성된 산업용 로봇으로 진행할 수 있는 출제된 난이도에 따라 제공 - 평가 진행 - 활동지 및 완성품 발표 유도	- 활동지 작성 - 평가항목 및 평가절차 숙지 - 산업용 로봇 작동 시연 - 평가 참여 - 활동지 완성 및 완성품 발표	발표 분위기 조성
정리	- 학습내용 정리 - 차시 정리 - 차시 정리 지시	- 내용 정리 - 정리 정돈		

[Figure 16] Teaching-learning guidance

제조기술의 발달 과정

가내 수공업

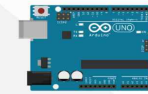


- 혼자서 제품을 직접 생산
- 시간이 많이 필요함
- 소량의 품종만 생산 가능

모시 짜기

로봇을 만들어보자!

필요한 재료



아두이노



서보 모터



브레드 보드



초음파 센서



건전지 & 스냅



점퍼선

[Figure 17] Presentation materials

로봇 제작 과정을 상세히 안내하기 위한 실습 지시서 또한 작성하였다. 실습지시서에는 재료표, 사용 도구, 부품 구성, 주의사항, 회로도, 조립 방법 등을 수록하여 실습지시서만 참고하여도 큰 어려움 없이 만들 수 있게 상세하게 내용을 제시하였다 (Figure 18, 19 참조).

학생용 자료는 수업 주제 별로 구성하여 매 수업 주제마다 관련 읽기자료를 넣어 학생들의 흥미도를 높일 수 있도록 하였다 (Figure 20, 21 참조).

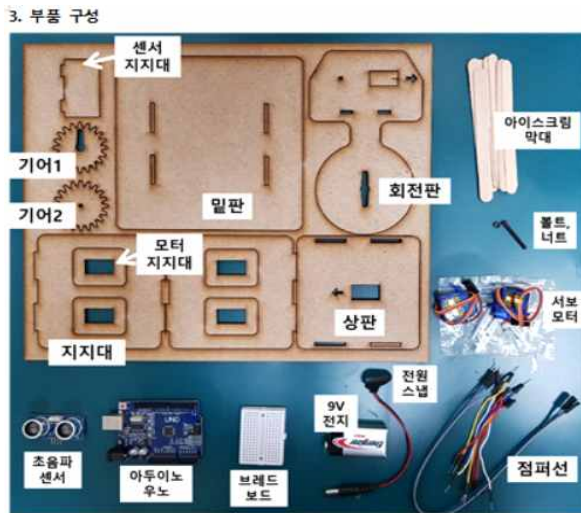
1. 재료표

품명	스펙/모델명	단가(원)	수량	총액(원)
MDF 합판	3T, 320*270(mm)	1,600	1	1,600
아두이노 Uno 호환보드	SZH-BK002	6,500	1	6,500
서보모터	SG90	1,300	2	2,600
초음파 센서	HC-SR04	1,200	1	1,200
브레드 보드	미니 브레드 보드 170핀	600	1	600
FM 점퍼선	-	-	4	-
MM 점퍼선	-	-	8	-
9V 건전지	-	1,000	1	1,000
전원 스냅	9V DC포스트 타입 SZH-KMD101	500	1	500
M3 볼트	M3*15	-	1	-
M3 너트	-	-	1	-
아이스크림 막대	-	-	-	-
합계				14,000

2. 사용 도구

- 클류건
- 십자 드라이버

[Figure 18] Practice instructions



3. 주의사항
- 모터 축을 억지로 돌리지 않는다. (역기전력으로 인한 모터 손상 방지)
 - 모터 선은 확실표 방향과 일치하도록 한다.
 - 모터 지지대는 두 장씩 붙인다.
 - 초음파 센서의 망 부분은 누르지 않는다.

[Figure 19] Practice instructions

읽기자료는, 다양한 생각할 거리를 던져주고 내용을 정리할 수 있는 질문으로 구성하였다(Figure 20, 21 참조). 실습 수업의 경우, 문제 상황 이해-구상 및 설계-활동 내역-생각해보기 순으로 구성하여 활동지를 따라가면서 단계적으로 수업을 진행할 수 있도록 하였다. 로봇 교육 키트 제작 후에는 자기평가표를 통해서 수업을 돌아볼 수 있도록 활동지를 구성하였다.



[Figure 20] Student materials

3 활동 내역	
특징	내가 설계한 로봇 집게의 특징에 대해 적어보세요.
문제점 파악	제형활동을 진행하면서 발생한 문제점을 적어보세요.
문제점 개선	파악한 문제점을 개선한 방법에 대해 적어보세요.

[Figure 21] Student materials

IV. Conclusions

기술의 발전과 사회적 수요에 힘입어 로봇 활용 범위가 폭발적으로 확대되는 실정에 맞추어 학생의 로봇 이해도를 높일 수 있도록 ‘제조기술’ 단원과 관련하여 로봇을 학습할 수 있는 체험활동과제를 개발했다. 기술 교과와 성격에 맞게, 학습자의 실천적 경험을 통한 문제해결능력 함양을 위해 로봇 제작 활동을 포함하였다.

기존의 많은 로봇 체험활동의 경우, 로봇의 구성 요소의 일부가 빠진 상태가 많다. 본 체험활동과제의 특징은 로봇의 기본 구성요소를 모두 포함하는 로봇을 제작할 수 있다는 점과, 일부 부품에 국한되지만 학생들이 직접 설계하고 원하는 재료와 모양으로 만들 수 있다는 점이다. 그리고 체험활동과제로 교사용 자료, 학생용 자료를 포함하여 실제 수업 적용에 어려움이 없도록 하였다. 본 연구에서 얻은 결과는 다음과 같다.

첫째, 2015 개정 교육과정의 중학교 기술 교과서를 분석하고 ‘제조기술’ 단원과 관련하여 로봇과 관련된 내용을 학습할 수 있는 로봇 제작 체험활동과제를 개발하였다.

둘째, 로봇의 구성요소인 구동부, 제어부, 센서부, 전원부를 모두 포함하여 로봇의 구성요소, 동작 원

리 등을 학습할 수 있는 로봇 교육 키트를 개발하였다.

셋째, 로봇 제작 과정에서 학생들이 집계를 직접 설계하고 제작할 수 있도록 하여, 학생들의 자유롭게 창의력을 발휘할 수 있는 요소를 포함하였다.

본 연구를 통해 개발한 로봇 제작 체험활동과제는 예비시험의 설문 결과에서 전체 문항 평균 3.94 점으로 긍정적인 평가를 받았다. 따라서 본 체험활동과제를 로봇 교육을 위한 수업에 활용한다면 긍정적인 결과를 낼 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구를 수행한 결과에 비추어 후속 연구에 대해 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 로봇의 많은 부분을 직접 구상해보고 자신의 아이디어대로 제작할 수 있도록 하여, 수업 흥미도와 이해도를 향상시킬 수 있는 체험활동과제로 개편할 필요가 있다.

둘째, 로봇 내의 코드를 학생들이 직접 프로그래밍을 하여 로봇의 동작을 제어하는 과정을 포함하여, 통신 기술 시스템 단원과 연계할 수 있는 후속 노력이 기대된다.

References

- Chong, H. Y. (2015). *The development of UCR(User Created Robot) education program on middle school technology-home economics curriculum*. Master's thesis, Chungnam National University, Daejeon, South Korea.
- Chung, Y. O., Chung, K. S. (2012). *Introduction to Robotics*. Seoul: GS-intervision.
- Jang, J. E. (2014). *Influence of Robot Electronic Kit-applied Educational Program on a Middle School Student's Giftedness*. Master's thesis, Ewha Womans University, Seoul, South Korea.
- Jung, S. B. et al (2017). *Middle School Technology-Home economics*(1), Seoul: Kyohaksa.
- Keramas, J. G. (1999). *Robot Technology Fundamentals*. Cengage Learning.
- Kim, J. H., Woo, S. H. & Kim, J. S. (2010). *Development of Robot Instruction Materials of Technology-Home Economics by ADDIE Model*. *Korean Journal of Teacher Education*, 26(3), 57-74.
- Lee, M. S. (2020). *Development of a Robot Hands-on Activity Task for Middle School Technology Subject in 2015 Revised Curriculum*. Korea National University of Education, Chungbuk, South Korea.
- Lee, N. S. (2012). *Development of Technological Problem Solving Activity in accord with Students' Club Activity for Creative Hands-on Activity at the Middle School Level*. Master's thesis, Korea National University of Education, Chungbuk, South Korea.
- Mager, R. F., Beach, K. M. (1967). *Developing Vocational Instruction*. Fearson Publishers.
- Mikell, P. G. (2019). *Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*. Pearson.
- Ministry of Education (2015). *Curriculum of Practical Arts(Technology-Home Economics)/Information Science* (Ministry of Education Notice No. 2015-74 [Separate Issue 10]). Seoul: Ministry of Education.
- Sung, J. H. (2016). *A Design and Application of Robotics Integrated Curriculum RMAMS(Robot-Mechanism-Art-Music-Science) Based on Storytelling*. Master's thesis, JinJu National University of Education, Jinju, South Korea.

[저자의 소속과 직위]

이미소 : 한국교원대학교, 기술교육과 석사 졸업, 제1저자
이경택 : 한국교원대학교, 교수, 교신저자