

물의 흐름을 이용한 논리 게이트 기반 융합형 중등 정보과학 영재 교수·학습 자료 개발

이 형 봉*, 권 기 현**

Development of a Convergent Teaching-Learning Materials based on Logic Gates using Water-flow for the Secondary Informatics Gifted Students

Hyung-Bong Lee*, Ki-Hyeon Kwon**

요 약

우리나라 영재교육은 2002년 시작된 이후 이제 교육지원체계가 확립되었고, 양적 측면에서 충분한 성장을 이루었다. 반면에 교육의 질적인 측면에서는 미흡한 점이 있다는 보고가 많다. 즉, 대부분의 영재교육이 선행학습에 의한 단순 지식확대 위주로 이루어진다는 것이다. 영재 교육의 질을 높이기 위해서는 간학문적 원리와 현상을 문제해결에 적용할 수 있는 비판적 사고력 및 창의력 배양 교육이 되어야 한다. 이 연구에서는 통합교육 개념에 근거하여 AND/OR/XOR 등의 기본 논리 연산이 컴퓨터의 세로 역할을 하게 되는 과정을 탐구하는 융합형 교수·학습 자료를 설계하고 개발하였다. 설문 조사 결과 기존의 다른 학습 주제보다 학생들의 만족도(유익성, 이해도, 흥미도)가 크게 높은 것으로 평가되어 설계 취지에 부합된 것으로 나타났다.

▶ Keywords : 정보 과학 영재, 융합형 교수학습 자료, 물의 흐름을 이용한 논리 게이트

Abstract

Since the start of gifted education in 2002, educational support system has now been established, and sufficient growth in quantitative aspects has been achieved in Korea. On the other hand, they report that there are insufficient points in terms of education quality. In other words, most of the gifted education simply expands knowledge by prior-learning. In order to improve the quality of gifted education, they

•제1저자 : 이형봉 •교신저자 : 권기현

•투고일 : 2014. 10. 21, 심사일 : 2014. 11. 03, 게재확정일 : 2014. 11. 18

* 강릉원주대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science & Engineering, Gangneung-Wonju National University

** 강원대학교 전자정보통신공학부(Dept. of Electronics, Information & Communication Engineering, Kangwon National University

should enhance critical-thinking and creativity able to apply interdisciplinary principles or phenomena for solving problems. In this study, we designed and developed a convergent teaching-learning materials based on the concept of integrated education, which explore the process that basic logic operations such as AND, OR, XOR do the role of computer cells. A survey result showed that student satisfaction(usefulness, understanding, interest) of the materials is significantly higher than that of other traditional learning topics, and the design intent was met.

▶ Keywords : Informatics Gifted Student, Convergent Teaching-Learning Materials, Logic Gate using Water-flow

I. 서론

우리나라는 미래 사회가 요구하는 우수한 핵심 인력을 양성하기 위해 2000년 첫 「영재교육진흥법」 [1]을 제정하여 영재를 교육할 수 있는 기관, 정부 지원 체계, 영재의 선발 등에 대한 제도적 기틀을 마련하였고, 이를 바탕으로 현재까지 그 내용을 수정·보완해오고 있다. 영재교육진흥법의 시행을 위한 「영재교육진흥비시행령」 [2]이 2002년 공포되어 바야흐로 영재 교육이 시작되었고, 이 시행령 또한 상위 법령을 따라 현재까지 수정·보완되어 오고 있다. 시행령에 따른 범정부 차원의 구체 활동 중의 하나로 「영재교육진흥종합계획」이 총 3 차에 걸쳐 수립되었는데, 2002~2007 기간의 제1차 종합 계획에서는 영재 교육의 체계 구축과 양적 확대가 이루어졌다. 한국과학영재학교를 비롯하여 전국 16개 시도 교육청과 대학을 중심으로 「영재 학교」, 「영재 학급」, 「영재 교육원」 등의 영재 교육 기관들이 정립되었고[3], 이들 정규 기관 주변의 학원을 포함하면 약 600개 이상의 영재 교육 기관이 설립되었다[4]. 영재교육 대상자 수도 2003년 21,616명에서 2007년 46,006명(전체 초·중등생의 0.32%)로 증가하여 전체적으로 1차 종합계획의 핵심 목표인 영재교육의 현장에서의 성공적 안착이 달성되었다[5]. 전체 초·중·고생 1%까지의 영재교육기회 확대와 영재교육체제

확립에 초점을 둔 2008-2012 기간의 제2차 종합계획에서는 2010년에 이미 그 목표를 달성하였고, 이와 더불어 정규 영재교육기관도 더욱 확대되었다[3, 6]. 이와 같이 1, 2차 종합 계획에 의해 영재교육의 양적 확대와 지원체제는 확립되었으나, 영재교육의 질적 관리 체계와 융합 교육 측면 등에서 내실이 미흡하다고 평가되었다[6, 7, 8]. 특히, 분야별 영재교육 학생 수의 분포가 표 1에 보인 바와 같이 수학·과학에 83%가 치우쳐있고, 정보는 3%에 그치는 등 분야별 불균형이 심하고, 수학·과학 이외의 융합 교육과정이 거의 전무한 실정으로 조사되었다. 이에 따라, 2013-2017 기간의 제3차 종합계획[9]이 “영재교육 최적화를 통한 창조적 인재육성”이라는 슬로건 아래 영재교육의 질적 수준 제고를 핵심 과제로 삼아 현재 추진 중에 있다. 창조적 인재를 양성하기 위해서는 지나치게 세분화·전문화된 기존의 학습 프로그램을 학문간·과목간의 주제를 아우르는 융합 프로그램으로 전환하여야 한다[3, 6, 10]. 따라서 이 논문에서는 정보과학을 중심으로 과학(물리), 수학(2진 연산), 기술(전자)을 포괄하는 융합적 학습 주제를 프로젝트 형태로 진행하는 중등 정보과학 영재 교육용 교수·학습 자료를 개발하여 창조적 인재양성 교육에 활용하고자 한다.

이를 위하여, 2장에서 정보과학 영재 분야의 현황과 영재 수업 방법론 관련 연구를 살펴보고, 3장에서 융합형 중등 정보과학 교수·학습 교안을 설계하며, 4장에서는 적용 및 평가를, 그리고 마지막 5장의 결론으로 이 논문을 맺는다.

표 1. 영재 학생 분포

Table 1. Distribution of the Gifted Students

(2011년 기준)

구분	수학	과학	수·과학	발명	정보	언어	예술	체육	인문사회	기타	계
학생수	20274	19,875	51,572	4,126	3,413	4,036	3,172	424	1,537	3,389	111,818
비율 (%)	18.2	17.8	46.1	3.7	3.0	3.6	2.8	0.4	1.4	3.0	100
	82						18				

II. 관련 연구

1. 정보과학 영재 및 교육과정

정보과학 혹은 컴퓨터과학 영재의 정의는 “첨단 정보기기의 활용 능력이 우수하며, 정보기기의 활용을 즐기는 자로서, 자신의 정보과학적인 지적 능력과 정의적 특성을 최대한 발휘하여 첨단 정보과학이론을 정립하고, 정보과학적인 시스템을 설계 및 구현할 수 있으며, 유용한 정보와 지식을 지속적으로 창출할 수 있는 자”[11] 등 학자에 따라 다양하고 모호하나, 대체로 “정보를 처리하는 과정에서 도구 활용 능력과 문제 해결을 위한 알고리즘 창출 능력이 뛰어난 자” 정도로 정리되고 있다[4]. 이에 따라 국가적 차원의 공공기관인 한국교육개발원에서 개발된 표 2 등의 중등 정보과학 영재를 위한 교수·학습자료[12] 등이 제안되었지만 구체적인 교육 소재가 미흡하고, 교육이 기존 지식에 대한 단순한 이해과정, 즉 지식 확대 위주로 이루어지면서 창조적 문제 발견과 문제 해결 능력 배양에 한계가 있고, 이런 현상의 가장 큰 원인은 영재들의 흥미 유발과 자기 주도적 학습 능력 향상을 위한 효과적인 교수·학습 자료의 부재에 있다고 지적하고 있다[13, 14].

표 2. 발전단계 교수학습 제목
Table 2. Coursework Titles for Developing Phase

알고리즘 이해하기	1주 알고리즘 이야기 2주 순서도를 이용한 알고리즘 표현하기 3주 의사코드를 이용한 알고리즘 표현하기 4주 생활 속 알고리즘 구현하기(등고 알고리즘) 5주 생활 속 알고리즘 구현하기(수업 알고리즘) 6주 속 알고리즘 구현하기(접시시간 알고리즘) 7주 생활 속 알고리즘 구현하기(하교 알고리즘) 8주 생활 속 알고리즘 구현하기(소풍 알고리즘) 9주 생활 속 알고리즘 구현하기(긴급 상황처리 알고리즘) 10주 보고서 작성
놀이공원 알고리즘 구현하기	1주 자료구조 이야기 2주 배열과 행렬을 이용한 자료구조 표현 3주 트리의 표현 및 순회방법 4주 집에서 공원까지 그래프 형태로 표현하기 5주 집에서 놀이공원까지 최단거리 구현하기 6주 공원의 구성을 그래프로 표현하기 7주 놀이기구 정렬 방법 구현하기 8주 놀이기구 탐색 방법 구현하기 9주 새로운 놀이기구를 구현하여 설치하기 10주 놀이공원의 알고리즘 구현하기(보고서 작성)
논리 회로 이해하기	1주 논리 회로와 표현 방법 2주 논리 대수학 이해하기 3주 논리 회로 함수 표현하기 4주 논리 회로 설계하기

2. 영재 교육 방법론

2.1 통합 교육 모델

통합교육이란 각각 다른 분야의 관련된 학습 주제들을 상호 연결시켜 주는 학습기회를 제공하고, 이를 통해 획득한 관점들을 주도적으로 상호 관련지어 통합된 관점을 습득할 수 있게 하는 교육 방법으로서, 학생들의 문제해결 능력, 협동심, 기술적 전문성과 창의성을 향상시킬 수 있고, 학습 동기, 학습 능력, 협동 연구 능력 및 태도 등에서 긍정적 효과를 줄 수 있으며, 궁극적으로 학생들의 학습을 강화시켜 준다[6]. Jacob 통합 교육 모델에서는 통합의 정도에 따라 교과와 학습 내용 그 자체는 변하지 않고 제시되는 내용 순서만 바꾸는 학문병렬 모형, 한 가지 주제나 쟁점이 되는 문제를 탐구하기 위하여 관련이 있는 몇몇 교과들을 하나의 형식적 단위이나 강좌 속에 함께 묶는 다학문적 모형, 기존의 교육과정에서 추출한 주제나 쟁점이 되는 문제를 중심으로 설계하는 간학문적 모형, 통합교육과정으로 전일제 프로그램을 운영하는 통합 일 모형, 일상적인 생활 문제를 중심으로 완전한 간학문적 통합을 추구하는 완전 프로그램 모형으로 구분된다[10]. Drake 통합 교육 모델에서는 학문들의 경계선이 허물어지는 정도에 따라, 주어진 동일 주제에서 각 교과들에 초점을 두는 다학문적 접근, 교과 간의 공통점을 중심으로 한 간학문적 접근, 교과의 경계를 초월하면서 주제가 실생활 맥락에서 주어지는 탈학문적 접근으로 분류되는데, 교육과정의 통합은 궁극적으로 탈학문적 접근을 지향해야 한다고 권고한다[10].

2.2 STEM 통합 교육 모델

STEM 교육이란 과학(Science), 기술(Technology), 공학(Engineering), 수학(Mathematics)의 머리글자를 조합한 것으로서, 네 분야의 내용을 통합적으로 교육하여 미래의 국가 과학기술 경쟁력 하락을 예방하기 위해 2007년 미국 정부에서 교육 철학으로 제도화한 교육 방법이다[15, 16]. 즉, STEM 통합 교육은 과학, 기술, 공학, 수학을 통합하여 효과적인 공학교육을 실현하기 위한 교육모델인데, 이를 도입하게 된 주요 동기는 이공계 분야의 현장 인력 수요에 비해 학생들의 선호도는 계속 낮아지고 있다는 위기감 때문이었다. STEM을 통합하기 위한 구체적인 교육 모델은 Jacob, Drake 등의 통합 방법론이 적용된 교육과정 및 교수학습 자료 설계에 의해 구체화된다.

2.3 STEAM 통합 교육 모델

STEAM 교육 모델은 기존의 과학기술을 강조하는

STEM 교육에 예술(Arts)을 추가하여 교육하기 위한 한국 정부의 영재 교육 정책[17]이다. 여기서 예술이란 좁은 의미에서는 디자인 중심의 미술을 생각할 수 있지만, 넓은 의미에서 인문 교양은 물론, 언어 소통 분야까지도 포함한다[15, 16]. 이 교육 모형의 일차적인 목적은 건조하고 딱딱하게 느껴지는 과학기술 분야에 예술을 접목함으로써 흥미를 유발하는데 있지만, 궁극적으로는 인성과 감성 없이는 더 이상 창조적인 기술발전을 기대할 수 없기 때문이다.

2.4 융합 교육 모델

융합 교육 모델은 통합 교육과정을 넘어, 통합된 내용들로 구성된 새로운 학문 분야의 창출을 추구한다[10]. 즉, 융합은 통합교육이 무르익으면 자연스럽게 이루어질 수 있다. 이에 따라, 최근 영재 교육현장에서는 '융합적 사고를 가진 창의·인성 인재 양성'이 화두이고 이를 실현하기 위한 STEAM 통합 교육과정 및 교수·학습 자료 개발 방법론에 대한 연구가 활발하다. [10]은 큰 틀에서 학습 성취기준을 먼저 분석하고 이에 따라 반드시 학습해야 할 핵심 내용을 탈 학문적으로 구성한다는 이른바 KDB 우산을 정보과학 영재교육과정에 적용하였다. 여기서 KDB란 알기(Know), 하기(Do), 되기(Be)를 의미한다. [18]은 융합적사고 교육의 한 방법으로 시스템 사고적 접근을 제안하였다. 시스템 사고는 주어진 시스템을 이해하고 그것을 바탕으로 문제를 해결하기 위한 수단적 사고로 그 안에 포함된 부분들 사이의 순환적·인과적·시간적·공간적 관계를 포함한 상호 연관을 인식하고 이해하는 과정에서 학습 성과를 얻는데 초점을 두고 있다. 이를 위해서는 시스템의 구성요소를 독립적으로 간주하는 것이 아니라 구성요소들 사이의 관계, 시스템 환경의 관계까지도 아우를 수 있는 거시적인 관점을 필요로 하기 때문에 자연스럽게 통합 교육이 이루어질 수 있다는 것이다. [19]는 학습 목표를 설정하고 평가를 계획한 후, 학습경험을 선정·조직하는 단계로 이루어지는 백워드(Backward) 교육과정 설계 개념을 소개하였는데, 이는 최종 결과를 염두에 두고 그 결과를 성취하는 데 효과적인 교육과정이나 단원을 설계하는 접근 방법이다.

위에서 살펴본 KDB 우산, 시스템 사고, 백워드 설계의 공통점은 먼저 학습 목표를 설정하고, 이를 성취하기 위한 간학문적 혹은 탈학문적 세부 교육 내용을 구체적으로 조직하지는 하향식 접근 방법이라는 데 있다. 이는, 분과별로 전문화된 세부 단원을 순차적으로 교육하는 전통적인 교육 방식과 대비된다. 이 연구에서는 중등 정보과학 영재 교육 과정 중, 표 2의 '논리회로 이해하기'를 교육하기 위한 융합형 교수·학습 자료를 설계하고 평가한다.

III. 논리회로 교육을 위한 융합형 교수·학습 자료

1. 설계 근거

본 교수·학습 자료는 영재의 창의성 신장 교육에 적합하다고 알려진 프로젝트 학습 및 시스템 사고 모델을 적용하여 설계한다.

1.1 프로젝트 학습

프로젝트 학습이란 특정 탐구 주제를 심층적으로 연구하는 활동으로서, 학습자가 학습의 전 과정에서 자기 주도적인 태도를 가지고 주제, 제제, 문제, 쟁점 등을 탐구하고 그 결과를 표현하는 방식의 학습 활동으로 창의성 신장 효과가 높다[20]. 이를 따라 본 교안에서는 학습 주제를 활동적 시행착오가 요구되는 복잡한 실제 상황으로 제시하고, 소집단 단위의 학생들이 협동하여 문제를 해결하는 과정에서 창의적 사고를 발휘하고, 학습에 대한 호기심 및 동기를 유발하도록 설계한다.

1.2 시스템 사고

통합 및 융합 교육 방법의 하나인 시스템 사고를 위해 기계 공학적 교육 소재를 도입한다. 기계 공학적 교육 소재는 문제 분석, 설계, 제작, 평가 등의 과정으로 이루어지는 시스템 사고 교육 과정에 알맞고, 무엇보다도 상황 제시에 반응하는 학생들의 창의적 설계 능력 신장 효과가 높다[18].

2. 교수·학습 자료 설계

2.1 학습 목표

우리가 일상생활에서 접하는 생물체의 활동은 눈으로는 관찰되지 않은 수많은 세포들의 미세 활동들이 유기적이고 질서 정연하게 조합되고 통합된 결과의 산출물로 볼 수 있다. 이런 관점에서 컴퓨터는 생물체와 아주 유사하다. 컴퓨터는 생물체의 세포에 해당되는 수많은 논리 게이트들로 구성되고, 그 게이트들의 활동 결과로 컴퓨터가 기능을 발휘한다. 이 단원에서는 논리 연산의 개념과 논리 게이트의 원리, 그리고 논리 게이트가 어떻게 컴퓨터의 세포 역할을 하는지에 대하여 탐구하도록 한다. 학생들은 이 탐구 과정에서, 논리 게이트 소재가 진공관, 트랜지스터, IC로 진보되어온 과학적 발명 내용이 무엇인지와 논리 게이트를 조합하여 자동 계산기를 구현하는

논리 회로 이론의 기초를 발견할 수 있다.

2.2 단원 구성

○ 단원 대주제명 : “물에서 시작하는 컴퓨터 논리 연산”
 관을 따라 흐르는 두 줄기 물의 흐름에 대하여 논리 연산을 수행하는 개폐 장치를 고안하는 활동을 통해 논리 게이트를 구현하기 위한 공간적 아이디어 착안의 필요성을 인식하고, 이러한 기본 아이디어를 진공관과 트랜지스터, 그리고 IC 논리 게이트의 동작 원리와 비교함으로써 전자 논리 게이트의 실체를 이해하도록 한다. 또한, 간단한 논리 회로를 체험함으로써 논리 게이트에 대한 연구 필요성 및 중요성을 깨닫도록 한다.

○ 소단원 1 : “물의 흐름에 대한 논리 게이트 만들기”
 두 개의 용기에 고이는 물을 입력으로 보고, 두 개의 용기가 연동하여 AND와 XOR 논리 개념에 따라 물의 흐름을 개폐하는 수문 논리 게이트를 고안한다. 이 과정에서 중력, 물의 부력, 지렛대 원리, 용수철 탄력, 기계 공학적 운동 등 과학(S), 기술(T), 공학(E), 수학(M) 등 탈 학문적 탐구 활동과 직관적 발상에 기반한 창의적 설계 활동이 이루어지도록 한다.

○ 소단원 2 : “전자 논리 게이트 관찰하기”
 먼저 진공관과 트랜지스터가 스위칭(on/off) 기능을 발휘할 수 있는 과학적 발명을 이해한 다음, 수문의 개폐 기능과 스위칭 기능을 연관시켜 트랜지스터 및 진공관을 이용한 전자 논리 게이트의 구성 방안을 탐구하도록 한다. 다음으로, 구현된 논리 게이트가 집적된 IC의 논리 연산을 실험함으로써 논리 게이트의 부피, 속도, 가격, 전류 소모 등의 관점에서 짧은 기간 동안 엄청나게 진보한 전자 기술의 발전 과정을 실감하고, 이 분야에 대한 흥미와 동기가 유발되도록 한다.

○ 소단원 3 : “논리 게이트로 자동 계산기 만들기”
 논리 게이트를 조합한 2진 자동 덧셈 계산 논리 회로를 구성하고 실험하는 과정에서, 입력에 대한 출력 결과를 도출할 수 있는 직관적 논리 규칙 발견하기로 논리력을 배양하고, 논리 게이트가 왜 컴퓨터의 세포 활동을 하는지를 이해할 수 있도록 한다.

3. 학습 계획

3.1 단원 1 : 물의 흐름에 대한 논리 게이트 만들기

☒ 상황 제시

그림 1과 같이 두 개의 관을 따라 흐르는 물이 각각의 용

기에 고이고 있다(단, 넘치는 물은 버리는 것으로 한다). 이때, 물이 양쪽 모두 고였을 때만 물을 아래로 흐르게 하는 개폐 장치(AND 연산기)와 양쪽 중 하나에만 물이 고였을 때 흐르게 하는 개폐 장치(XOR 연산기)를 만든다.

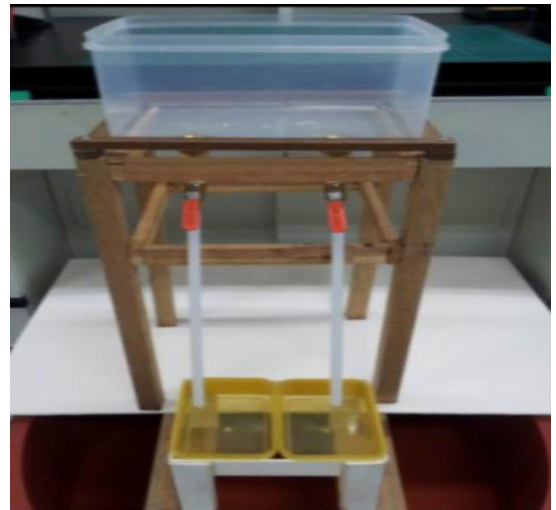


그림 1. 단원 1을 위한 상황(물에서 논리 게이트)
 Fig. 1. Situation for the First Lesson(Logic Gate in Water-flow)

☒ 탐구 단계 1-1 : 수문 개폐 스위치 고안하기

논리 기능 구현에 앞서 먼저 개별 용기별로 물이 일정 수준 이상 고이면 배출구를 열고, 일정 수준이하로 내려가면 배출구를 닫는 기능을 끊음 동작으로 수행할 수 있는 개폐 장치를 만든다. 단순히 부력에 따라 배출구 막이를 들어 올리거나 내리는 방식에서는 개폐(on/off) 상황이 모호한 경우가 발생

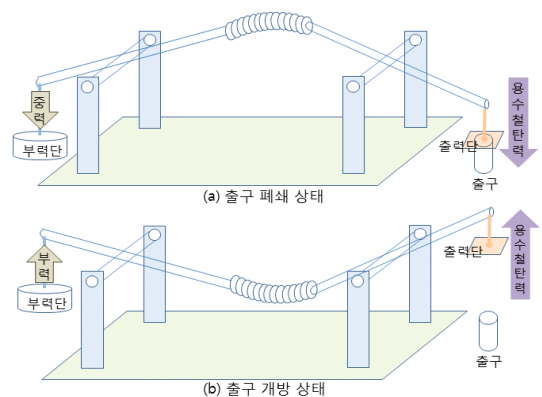


그림 2. 수문 개폐 장치 고안
 Fig. 2. Design of the Water-gate

한다. 이를 해결하기 그림 2와 같이 중력과 부력, 그리고 전 등 스위치 원리 즉, 용수철의 탄력 성질을 도입하여, 아래 절차에 따라 수문 개폐 장치를 만든다.

- 용수철이 끼워진 볼펜심을 이용하여 용수철 막대를 만든다(글루건 접착 도구 사용, 그림 3).
- 용수철 막대 거치대를 만들고 조립한다(그림 4).
- 개폐 스위치의 기능을 시험한다(그림 5).



그림 3. 용수철 막대
Fig. 3. Spring Bar

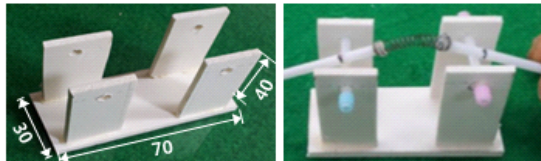


그림 4. 용수철 막대 거치대
Fig. 4. Mounting Frame for Spring Bar

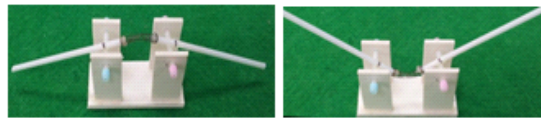


그림 5. 개폐 스위치 기능 시험
Fig. 5. Function Test of the Open/Close Switch

☒ 탐구 단계 1-2 : 수문 개폐 스위치 장착하기

170(W)x120(D)x50mm(H) 정도의 플라스틱 용기 한쪽에 완성된 수문 개폐 스위치를 장착하되, 부력단과 출력단, 그리고 나사못을 위한 구멍을 뚫고, 부력단과 출력단의 중심축을 지탱할 지름 7~8mm의 대롱(음료수 흡입용 스트링)을 끼워 고정한다(그림 6).

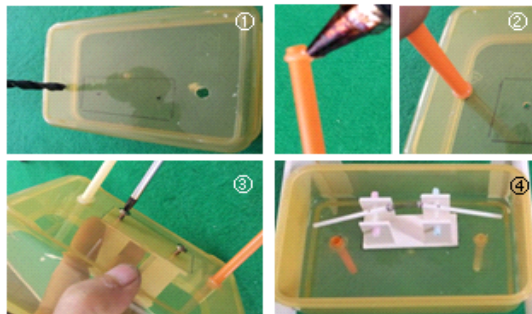


그림 6. 개폐 스위치의 장착 과정
Fig. 6. Installation Process of the Open/Close Switch

☒ 탐구 단계 1-3 : 부력단 고안 및 설치하기

물에 뜨는 소재인 폼보드 소재에 구리선, 철사 등을 이용하여 그림 7에 고안된 부력단을 만들고, 용기에 삽입한 후 갈고리를 용수철 대롱과 연결한다. 이 때, 부력단은 물이 없는 상태에서 용수철 탄력을 이겨낼 수 있는 무게를 가져야 하므로 중심축으로 지름 3~4mm인 철사를 사용한다(그림 7 ~ 9).

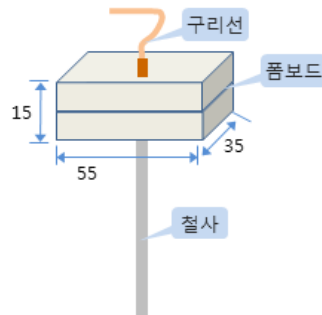


그림 7. 부력단 고안
Fig. 7. Design of the Buoyancy Module

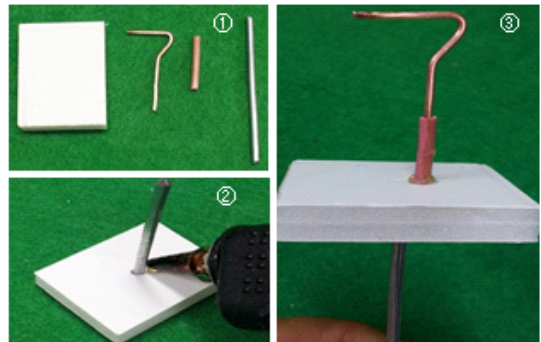


그림 8. 부력단 만드는 과정
Fig. 8. Making Process of the Buoyancy Module

☒ 탐구 단계 1-4 : 부력과 용수철 탄력의 균형 맞추기

부력단을 결합한 후 용기에 물을 부어, 떠오르는 부력단의 힘이 용수철의 탄력을 이겨내고 개폐 스위치의 방향을 변경시키는지 확인한다. 만약 부력이 약해 떠오르지 못하면 부력단의 부피를 조금씩 늘려가며 실험을 반복한다. 반대로, 용기의 물이 줄어 어느 정도 이하가 되면, 부력단의 중력이 용수철탄력을 이겨내고, 개폐 스위치의 방향을 변경시키는지 확인한다. 만약 중력이 약해 내려가지 못하면 부력단 위에 작은 동전을 붙여가며 실험을 반복한다. 이 때, 동전이 아주 많이 필요한 경우에는 부력단의 부피가 너무 크기 때문이므로 옆면을 조금 깎아 부피를 줄인다(그림 10).

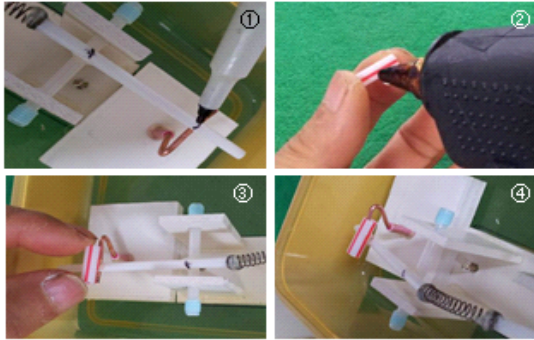


그림 9. 부력단 장착 과정
Fig. 9. Installation Process of the Buoyance Module

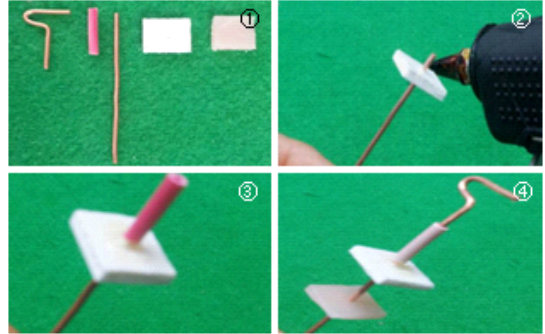


그림 12. 출력단 만드는 과정
Fig. 12. Making Process of the Lid Module

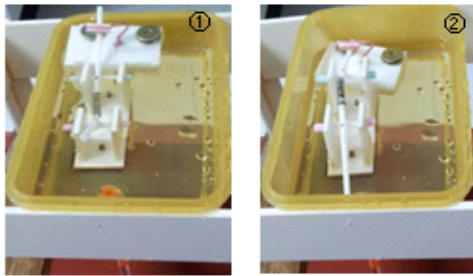


그림 10. 부력단과 용수철 사이의 균형 잡기
Fig. 10. Balancing Between Buoyance and Spring Module

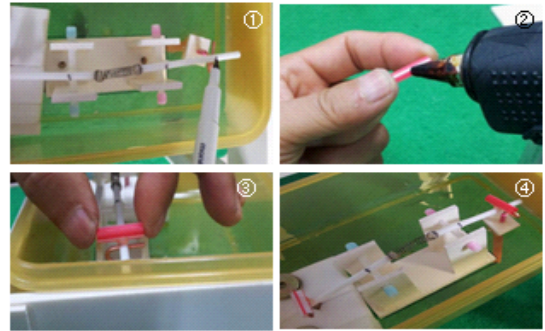


그림 13. 출력단 장착 과정
Fig. 13. Installation Process of the Lid Module

☒ 탐구 단계 1-5 : 출력단 고안 및 설치하기

부력단과 유사한 과정으로 만들어져, 부력을 필요로 하지 않으므로 폼보드 대신 두께 3mm 내외의 견고한 포맥스를 사용한다. 중력 또한 필요치 않으므로 중심축으로 철사보다 가공이 용이한 구리선을 사용한다. 출력단 밑면의 밀착 면에는 실리콘 등 부드러운 소재를 부착하여 용수철 탄력에 의해 밀폐가 정확하게 이루어지도록 한다(그림 11 ~ 13).

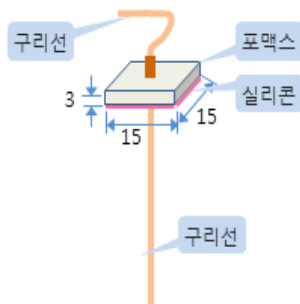


그림 11. 출력단 고안
Fig. 11. Design of the Lid Module

☒ 탐구 단계 1-6 : 수문 개폐 스위치 종합 시험하기

물을 조금씩 부어 어느 순간에 용수철 방향이 바뀌면서 출구가 열리는지와, 물이 줄어 어느 순간에 용수철 방향이 바뀌면서 출구가 닫히는지 확인한다. 이 때, 필요에 따라 부력단과 출력단의 높이와 용수철과의 연결 위치를 조절한다(그림 14).

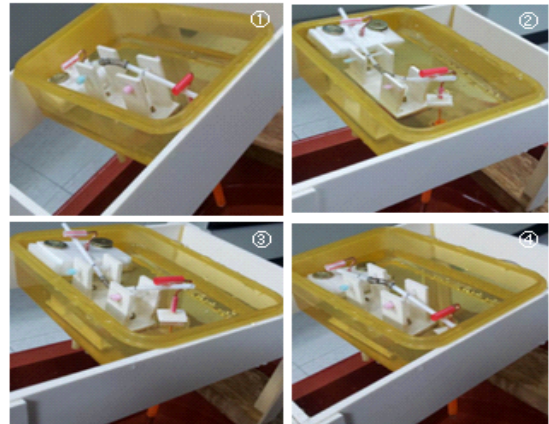


그림 14. 수문 개폐 장치 종합 시험
Fig. 14. Integration Test of the Water-gate

☒ 탐구 단계 1-7 : AND 논리 게이트(논리 연산기) 만들기
 제작 완료된 두 개의 개별 개폐 장치를 나란히 두고, 어떻게 하면 두 개의 개폐 장치가 협력하여 AND 연산 기능을 수행할 수 있을지에 대한 아이디어를 도출한다. 즉, 양쪽 용기 모두에 물이 찼을 때만 개폐 장치가 개방될 수 있는 시스템을 고안한다(그림 15 ~ 17).

- 한 쪽 개폐 장치의 상태가 다른 쪽 개폐 장치에 전달될 수 있어야 한다.
- 공통 축에 연결된 지레 막대 무게를 양쪽 부력단에 동시에 전달하여, 한 쪽 부력단의 부력만으로는 용수철의 탄력을 이길 수 없도록 한다.
- 실험을 반복하여 지레 막대의 길이를 조정함으로써 AND 연산이 이루어지는 적절한 무게를 도출한다.

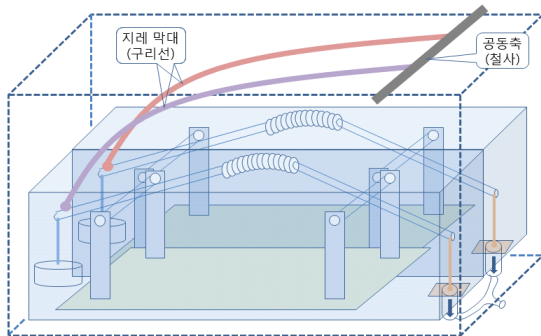


그림 15. AND 연산을 위한 기계적 고안
 Fig. 15. Mechanical Design for AND Operation

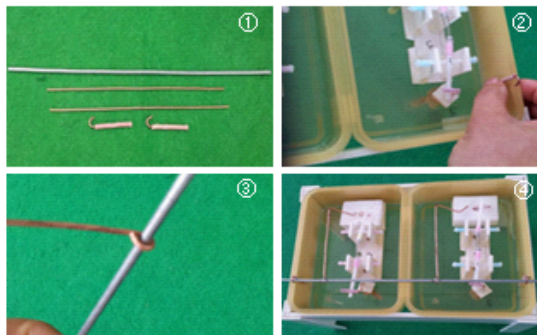


그림 16. AND 연산을 위한 공통 지레대 만드는 과정
 Fig. 16. Making Process of the Shared Lever for AND Operation



그림 17. 구현된 AND 게이트의 기능 시험
 Fig. 17. Function Test of the Implemented AND Gate

☒ 탐구 단계 1-8 : XOR 논리 게이트 만들기
 제작 완료된 두 개의 개별 개폐 장치를 나란히 두고, 어떻게 하면 두 개의 개폐 장치가 협력하여 양쪽 용기 중 하나의 용기에만 모두에 물이 찼을 때 개폐 장치가 개방될 수 있을지를 궁리한다. 한 쪽 용기에 물이 찼을 때, 공통 축을 통하여 그 힘을 반대편 용기에 전달하여 그 곳의 부력단이나 출력단을 부력보다 더 큰 힘으로 누를 수 있으면 원하는 기능을 얻을 수 있다. 이를 위하여 제 2 부력단을 설치하여 그 부력을 반대편 용기에 전달하도록 한다(그림 18 ~ 21).

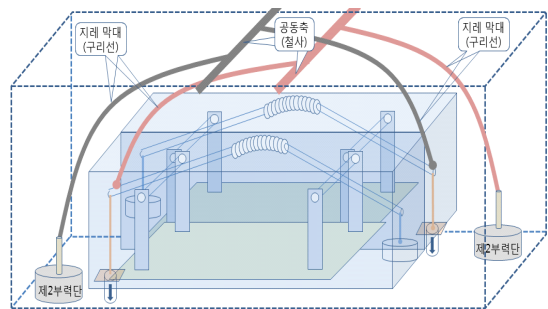


그림 18. XOR 연산을 위한 기계적 고안
 Fig. 18. Mechanical Design for XOR Operation

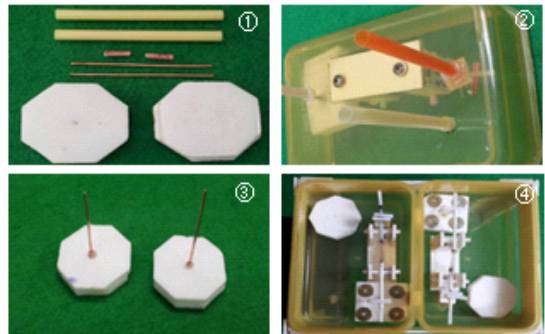


그림 19. 제 2 부력단 만드는 과정
 Fig. 19. Making Process of the Second Buoyancy Module

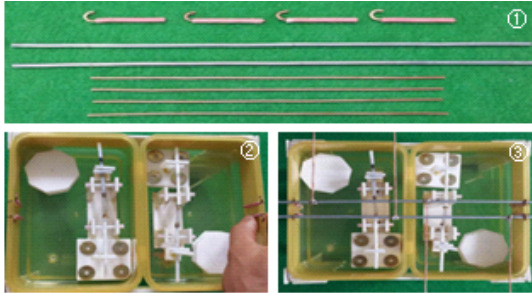


그림 20. XOR 연산을 위한 공통 지렛대 만드는 과정
Fig. 20. Making Process of the Shared Lever for XOR Operation



그림 21. 구현된 XOR 게이트의 기능 시험
Fig. 21. Function Test of the Implemented XOR Gate

3.2 단위 2 : 전자 논리 게이트 관찰하기

☒ 상황 제시

물의 흐름에서는 기계적 장치를 이용한 스위치(on/off) 고안으로 논리 게이트를 만들 수 있었다. 그렇다면 전자의 흐름인 전류를 위한 전자 스위치는 어떻게 만들 수 있었을까를 과학적 관점에서 조사하고 실험한다.

☒ 탐구 단계 2-1 : 진공관 전자 스위치 관찰하기

1883년 에디슨(Thomas Edition, 1847~1931)이 백열전구를 개량하기 위해 그림 22와 같이 필라멘트 사이에 얇은 철판을 설치해봤는데 필라멘트와 철판 사이에 전류가 흐른다는 사실을 우연히 발견했다. 즉, 고온의 진공에서는 도체가 없더라도 전자가 건너갈 수 있다는 것인데 이를 “에디슨 효과”라 부른다[21]. 에디슨은 그 이상의 진보는 이루지 못했다. 1904년 플레밍(John Ambrose Fleming, 1849~1945)은 에디슨 효과를 응용하여 “플레밍 밸브”[22]라는 2극 진공관을 발명하였다. 플레밍 밸브는 그림 23과 같이 고온의 진공관에서 열전자를 방출하는 금속(세슘 등)을 음극인 캐소드에, 방

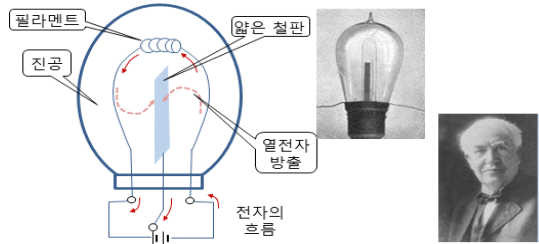


그림 22. 에디슨 효과
Fig. 22. Edison's Effect

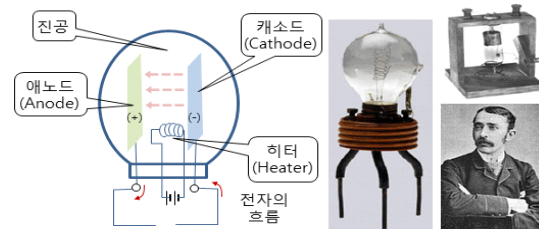


그림 23. 플레밍 밸브
Fig. 23. Fleming's Valve

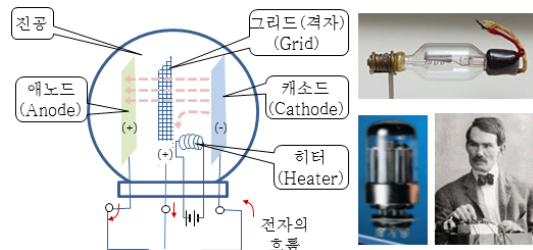


그림 24. 포리스트의 오디오
Fig. 24. Forest's Audion

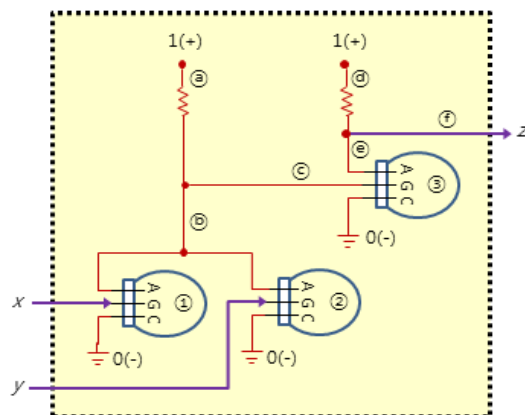


그림 25. 진공관 기반 OR 게이트
Fig. 25. OR Gate based on Vacuum Tube

출하지 않는 금속(철 등)을 양극인 애노드에 설치한 것으로, 양·음극에 부합하는 전압이 인가되었을 때만 전류가 흐르고, 반대의 경우에는 전류를 차단하는 기능을 가지고 있어서 본격적인 전자 스위치 발명의 단서가 되었다. 1906년 포리스트(Lee de Forest, 1873~ 1961)는 2 극 진공관의 애노드와 캐소드 사이에 그림 24와 같이 전류의 통과와 차단 역할을 할 수 있는 그리드를 설치함으로써 3 극 진공관인 “오디온”을 발명하게 되었고[23], 이 후 최초의 컴퓨터 개발을 위한 토대가 되었다. 오디온은 그리드에 약간의 전류를 보내면 애노드와 캐소드 사이에 더 많은 전류가 흐르고, 그렇지 않으면 전류를 차단하므로 완벽한 전자 on/off 스위치인 동시에, 증폭기이기도 하다.

☒ 탐구 단계 2-2 : 진공관 논리 게이트 원리 고안하기

OR 논리 게이트는 진공관 스위치를 그림 25와 같이 연결하여 만들 수 있다. 이 그림의 동작 원리는 아래와 같다.

- x, y 중 하나라도 전류가 흘러 대응되는 진공관 ①, ②가 개통되면 전류 ④가 ⑥쪽으로 흐르고 ③쪽으로는 흐르지 않는다.
- ③ 쪽에 전류가 흐르지 않으면 진공관 ③이 차단되어 ④의 전류가 모두 ⑥ 즉, z로 흐른다.
- x, y에 전류가 흐르지 않아 진공관 ①, ②가 모두 차단되면 전류 ④가 ③쪽으로 흘러 진공관 ③이 개통되므로 전류 ④는 ⑥ 쪽으로 흐르지 않고, 따라서 z에도 흐르지 않는다.

OR 게이트와 유사한 방법으로 그림 26의 AND 게이트를

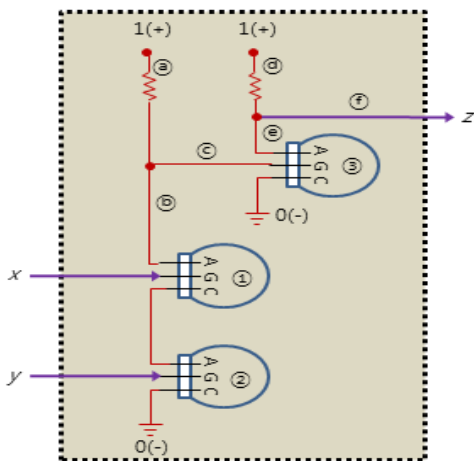


그림 26. 진공관 기반 AND 게이트
Fig. 26. AND Gate based on Vacuum Tube

만들 수 있는데, 그 개략적인 동작 원리는 다음과 같다.

- x, y 모두에 전류가 흘러 진공관 ①, ② 모두가 열리면 전류 ④가 ⑥쪽으로만 흘러 진공관 ③이 차단되고, 그 결과 전류 ④는 ⑥ 쪽 즉, z로 흐른다.
- x, y 중 하나에 전류가 흐르지 않아 대응되는 진공관 ①, ② 중 하나가 차단되면 전류 ④가 ③쪽으로 흘러 진공관 ③이 개통된다. 그 결과 전류 ④가 ⑥로 흐르지 못하므로 z에도 흐르지 못한다.

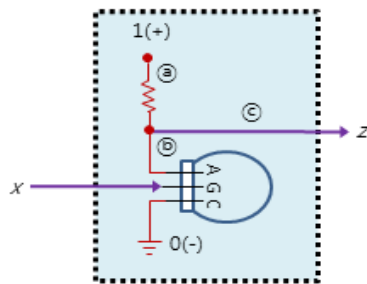


그림 27. 진공관 기반 NOT 게이트
Fig. 27. NOT Gate based on Vacuum Tube

그림 27의 NOT 게이트는 전류 흐름 여부에 대하여 그 반대 결과를 만들어주는 게이트로서, 다른 응용 게이트를 만드는 데 요긴하게 사용된다.

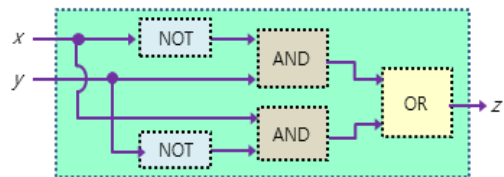


그림 28. XOR 게이트
Fig. 28. XOR Gate based on Vacuum Tube

그림 29의 XOR 게이트는 x에는 전류가 흐르고 y에는 흐르지 않는 경우나 x에는 전류가 흐르지 않고 y에는 흐르는 경우에만 전류가 흐르게 하는 게이트로서 AND 연산된 두 결과에 OR 연산을 적용함으로써 최종 결과를 얻는다.

☒ 탐구 단계 2-3 : 트랜지스터(반도체) 전자 스위치 관찰하기

1939년 러셀(Russell Shoemaker Ohl, 1898 ~ 1987)은 미국 벨 연구소에서 반도체 성질 즉, 평소에는 전류가 통하지 않는 실리콘(규소) 재질에 밝은 빛을 쬐이면 전도

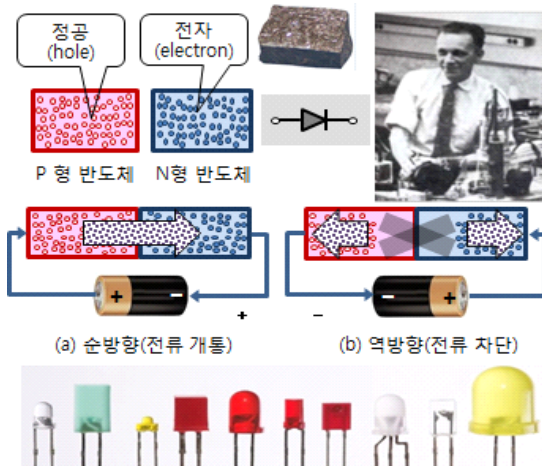


그림 29. PN 접합 2 극 트랜지스터(다이오드)
Fig. 29. PN Junction Diode Transistor

성이 급격하게 높아지는 것을 보았다. 이에 착안하여 실리콘에 붕소와 인 두 가지 불순물 섞어 전자적으로 서로 다른 성질을 가진 두 영역이 형성되도록 하였는데, 붕소를 섞은 부분은 전자가 부족한 상태(P: Positive)가 되고, 인을 섞은 부분은 전자가 넘치는 상태(N: Negative)가 되었다. 이 때, PN 경계면(접합면)에 빛이 통과하면 전류가 생성되어 흐르고(솔라 셀), 그림 29와 같이 PN 양쪽에 P(+)-에서 N(-) 방향의 전압을 인가하면 도체와 같이 전류가 흐르지만 반대로 인가하면 흐르지 않는 현상을 발견했는데[24], 이는 2극 진공관의 기능과 일치한다.

1947년 벨 연구소의 쇼클리(William Shockley, 1910~ 1989), 바딘(John Bardeen, 1908~1991), 브래튼(Walter Houser Brattain, 1902~1987) 등 세 과학자

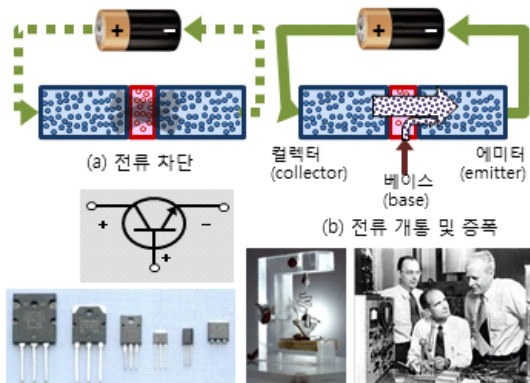


그림 30. NPN 샌드위치 3 극 트랜지스터(TR)
Fig. 30. NPN Sandwich Triode Transistor

는 게르마늄으로 만든 N형과 P형 반도체를 샌드위치 형태로 접합한 그림 30의 NPN 형 3극 트랜지스터를 발명했는데[25], 진공관과 동일하게 가운데의 베이스에 약간의 전류를 보내면 이에 비례하여 컬렉터와 에미터 사이에 많은 전류가 흐르는 현상이었다. 이로써 수명이 짧고 부피는 크며, 전력 소모가 많고 속도가 느렸던 진공관의 단점을 모조리 극복한 반도체 트랜지스터 시대가 열리게 되었다. 트랜지스터의 수명은 반영구적, 부피는 진공관의 1/200, 가열이 불필요하므로 전력 소모는 약 1/2000, 속도는 전자 속도에 이르게 되었다.

☒ 탐구 단계 2-4 : 트랜지스터 논리 게이트 고안하기

트랜지스터와 진공관의 기능이 완벽하게 일치하므로 그림 25~28의 OR/AND/NOT/XOR 게이트에서 진공관을 모두 트랜지스터로 대체하면 동일한 논리 게이트가 만들어진다.

☒ 탐구 단계 2-5 : IC(집적회로) 논리 게이트 관찰하기

TR(Triode), 다이오드(diode), 저항(resistor) 등 필요 부품들을 가로 세로 10mm 이내의 적은 실리콘 웨이퍼 면적에 대량으로 집적시킨 것을 IC(Integrated Circuit) 칩이라 하는데, 적개는 10 여개에서 많게는 수십만 개까지도 집적된다. 1958년 Texas Instruments 사의 킬비(Jack S Kilby, 1923 ~ 2005)가 최초로 10개 정도의 트랜지스터 집적에 최초로 성공하면서(그림 31), “Miniaturized Electronic Circuits”이라는 특허 발명이 이루어졌다[26]. IC로 만들어진 논리 게이트는 그림 32와 같이 표준 번호가 부여되었고, 어느 회사의 제품이든 내부 구성이 동일하도록 규격화 되어 있다.

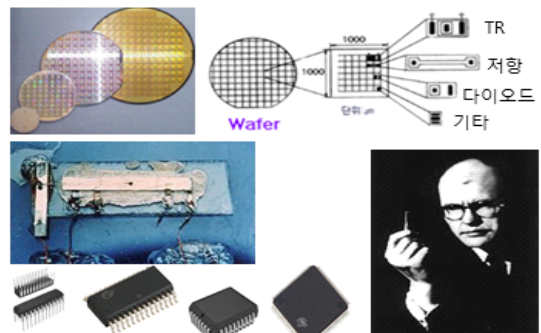


그림 31. 킬비의 IC 기술
Fig. 31. IC Technology Introduced by Kilby

☒ 탐구 단계 2-6 : IC 논리 게이트 실험하기

그림 33에 OR 게이트 4 개가 집적된 74LS32를 이용하

여 OR 논리 연산을 실험하는 회로를 보였는데, 유의할 점은 전류를 차단한다는 의미가 단순히 전원을 단절하는 것이 아니라 대신 음극을 연결한다는 것이다. 즉, 저항 ①은 전원 스위치가 off일 때는 게이트 입력 ③가 음극인 ⑥쪽으로 연결되고, on일 때는 전류④가 게이트 입력 ③쪽으로 흐르도록 한다. 이 회로에 74LS32를 74LS08이나 74LS86으로 교체하면 AND나 XOR 게이트 실험을 각각 할 수 있다.

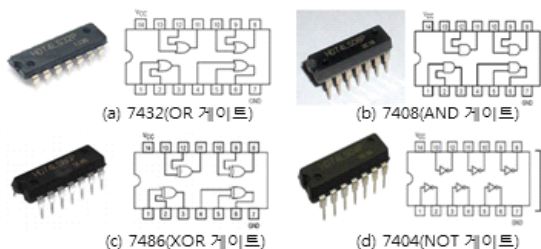


그림 32. IC 논리 게이트 칩
Fig. 32. Chip of IC Logic Gate

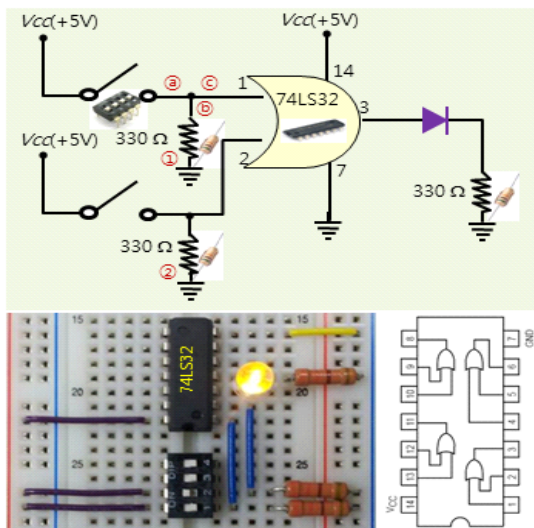


그림 33. IC 논리 게이트 기능 시험
Fig. 33. Function Test of IC Logic Gates

3.3 단원 3 : 자동 계산 회로 만들기

☒ 상황 제시

지금까지 논리 게이트의 원리와 기능, 그리고 발전 과정을 관찰했다. 그렇다면, 논리 게이트가 어떻게 컴퓨터의 세포 활동을 하는지에 대하여 탐구하도록 한다.

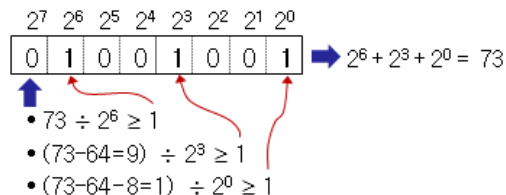


그림 34. 십진 표현과 이진 표현간의 변환
Fig. 34. Conversion Between Decimal and Binary Notation

☒ 탐구 단계 3-1 : 이진 수치 표현법(이진법) 알아보기
컴퓨터의 모든 정보는 0과 1 두 가지를 식별할 수 있는 비트 메모리 소자에 저장되는데, 그 이유는 전류의 흐름 여부를 0/1과 대응시켜 해석하면 딱 알맞기 때문이다. 물론 전류 크기에 따라 단계를 두어서 비트 하나에서 더 많은 종류의 수를 식별할 수도 있겠지만, 전류의 특성 상 오류율이 높아 일상의 모든 컴퓨터는 on/off 개념의 두 가지만 식별한다. 이와 같이 0/1 두 가지 숫자만을 사용하는 수치 표현법을 이진법이라고 한다. 반면에 우리가 잘 아는 바와 같이 십진법은 0~9의 10개 숫자를 사용한다. 이진법으로 표현된 모든 수치는 십진법으로 변환가능하고, 그 반대도 마찬가지다(그림 34).

☒ 탐구 단계 3-2 : 이진 덧셈 논리 회로 만들기

두 이진수를 표현하는 각각의 비트 소자를 적절하게 조합된 논리 게이트에 연결하면 두 수의 덧셈이나 뺄셈 등에 대해 자동으로 계산된 결과를 얻을 수 있다. 그림 35는 4 비트 이진수를 더하는 과정에서 두 수의 대응되는 비트를 각각 x와 y, 그리고 아래에서 올라오는 캐리를 c라 했을 때, 총 8가지 경우의 수 각각에 대한 결과 S와 위로 올라갈 캐리 C가 어떤 값을 갖는지를 보이고 있다. 이 그림으로부터 S와 C 각각이 x, y, c 세 수가 어떤 조건(조합)일 때 1(혹은 0)이 되는지에 대한 숨은 규칙(논리)을 찾아내면 자동 계산 회로를 만들 수 있다(보통 1이 되는 조건을 기준으로 탐색함). 그림 35를 자세히 관찰해보면 직관적으로 아래의 규칙을 발견할 수 있다.

- S가 1인 경우
 - ① x와 y가 서로 다르고(0·1 혹은 1·0), c가 0일 때
⇒ XOR(x, y) = 1, c = 0
 - ② x와 y가 서로 같고(0·0 혹은 1·1), c가 1일 때
⇒ XOR(x, y) = 0, c = 1
 - ③ 종합하면, XOR(x, y)와 c가 상호 배타적으로 1일 때
⇒ S = XOR(XOR(x, y), c)
- C가 1인 경우
 - ④ x와 y가 모두 1일 때

⇨ $AND(x, y) = 1$

⑤ x 와 y 가 서로 다르고($0 \cdot 1$ 혹은 $1 \cdot 0$), c 가 1일 때 $XOR(x, y) = 1, c = 1$

⑥ 종합하면

$C = OR[AND(x, y), AND(XOR(x, y), c)]$

⑥ 종합하면

$C = OR[AND(x, y), AND(XOR(x, y), c)]$

위의 발견된 규칙에 따라 그림 36의 논리 게이트 조합 즉, 논리 회로를 구성할 수 있다.

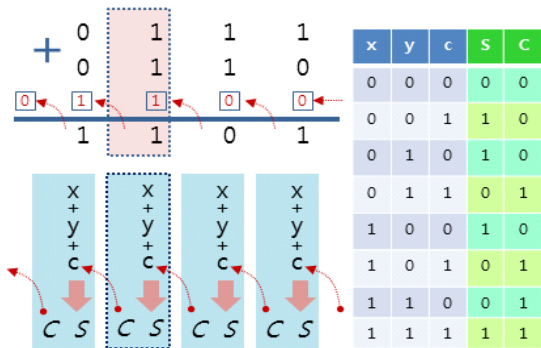


그림 35. 비트 가산기를 위한 진리표(논리 규칙)
Fig. 35. Truth Table for Bit Adder

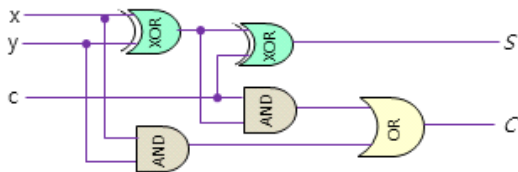


그림 36. 비트 가산기를 위한 논리 회로
Fig. 36. Logic Circuit for the Bit Adder

☒ 탐구 단계 3-3 : 비트 덧셈 논리 회로 실험하기

그림 36의 회로를 그림 37과 같이 구현하여 실험하면 비트 가산기의 기능을 확인할 수 있고, 이와 같은 비트 가산기 4 개를 연결하면 4 비트 이진수 덧셈을 위한 자동 계산기가 만들어진다. 그리고 이 실험으로부터 논리 게이트의 작은 활동들이 모여 거대한 컴퓨터의 활동이 이루어짐을 깨달을 수 있다.

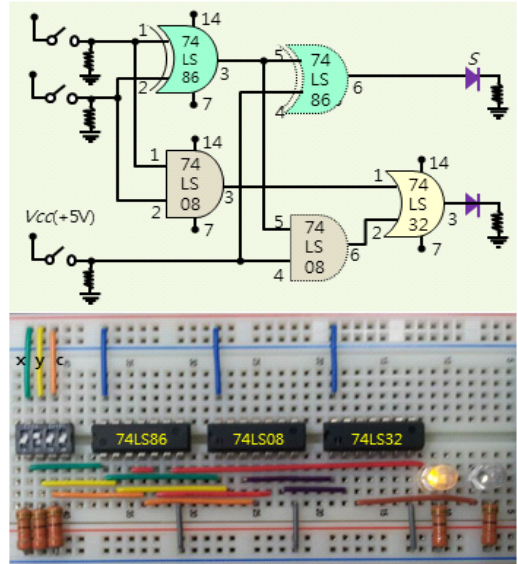


그림 37. 비트 가산기의 구현과 시험
Fig. 37. Implementation and Test of the Bit Adder

IV. 교수·학습 자료 적용 및 평가

여기서는 개발된 교수·학습 자료를 G 대학교 과학영재교육원의 2014년 중등심화 융합수학 프로그램에 적용한 내용 및 결과를 분석한다.

1. 교수·학습 자료 개발 배경

G 대학교 과학영재교육원은 초등심화(수학, 과학, 융합과학), 중등심화(수학, 물리, 화학, 생물, 융합수학, 융합과학), 중등사사(수학, 물리, 화학, 생물, 융합수학, 융합과학) 등 총 15개 프로그램을 운영하고 있다. 이 중, 중등심화 융합수학 프로그램은 정보과학을 위한 응용수학 교육에 목표를 두고 있는데, 본 교수·학습 자료 개발은 담당 교수별로 지나치게 세분화된 교육 과정을 통합·융합 형태로 전환하기 위한 활동의 일환으로 수행되었다.

2. 강의 시간 설계

중등심화의 연간 교육 시수는 진로 탐색 등 특별 지도 10시간, 글쓰기 등 공통 소양 지도 4시간, 전공 지도 96시간 등 총 110시간으로 구성된다. 이중 전공 학습은 토요일 오전부터 2~5시간 동안 참여 수업으로 진행되고, 96시간 중 10시간을 특별히 “프로젝트 전공 지도” 성격으로 분류하여 본 교수·학습 자료를 적용하여 진행하였다(단원 1에 5시간, 단원 2

에 2 시간, 단원 3에 3시간 배정).

3. 교수·학습 자료 평가

당 영재교육원은 수업 후 학생들을 대상으로 유익성, 이해도, 흥미도에 대한 “매우 그렇다(5)”, “그렇다(4)”, “보통이다(3)”, “아니다(2)”, “전혀 아니다(1)”의 5단계 리커트(Likert) 척도 형 설문 항목과, 하고 싶은 말의 서술 항목으로 구성된 설문을 실시하고 있다. 본 교수·학습 자료의 평가를 위해 5 명의 수강생이 작성한 수업 후 설문을 분석하였다. 먼저 표 2에 총 21회 설문 중 본 학습을 제외한 20회의 평균과 본 학습의 설문을 비교한 내용을 보였는데, 세 가지 항목 모두에서 월등히 우수한 결과임을 볼 수 있다. 특히, 서술 문항에서는 다른 주제에서는 전혀 나타나지 않은 “너무 재미있고 다시해보고 싶다”, “지금 까지 해본 것 중 제일 재미있다”의 소감을 보여 흥미 및 호기심 유발에 적절한 것으로 판단된다.

표 2. 학생 만족도 및 성취도 설문 결과
Table 2. Results of Student Satisfaction & Achievement Survey

구 분	유익성	이해도	흥미도
평 균	3.94	3.82	3.38
본 교안	4.75	4.50	5.0

V. 결 론

영재 교육의 질을 높이기 위해서 해결되어야 과제 중 가장 중요한 것 중의 하나가 선행 학습 형태의 단순한 지식 확대가 아닌 원리와 현상을 이해하고 문제 해결에 적용할 수 있는 비판적 사고력 및 창의력 향상 교육이 되어야 한다는 점이다. 이를 위해서는 일상에서 발견되는 경험적 지식에 기반한 탈학문적 학습 주제 개발이 필요하다. 이 연구에서는 물의 성질에 의한 논리 연산 방법부터 출발하여 진공관, 반도체, 트랜지스터, IC, 논리 회로에 이르기까지 컴퓨터 기술 진화의 본질이 무엇인지를 STEM 요소를 포함하는 활동적 탐구를 통해 깨닫도록 설계된 융·통합형 교수·학습 자료를 개발하고 평가하였다. 유익성, 이해도, 흥미도 등 학생들의 만족도를 5 단계 척도로 비교한 결과 다른 학습 주제의 3.71보다 크게 높은 4.75로 나타나 설계 취지를 만족하고 유익한 것으로 판단 된다.

참고문헌

- [1] Korea Law Information Center, <http://www.law.go.kr/%B9%FD%B7%C9/%BF%B5%C0%E7%B1%B3%C0%B0%C1%F8%C8%EF%B9%FD>, Korea Ministry of Government Legislation, 2014.
- [2] Korea Law Information Center, <http://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%98%81%EC%9E%AC%EA%B5%90%EC%9C%A1%EC%A7%84%ED%9D%A5%EB%B2%95%20%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9>. Korea Ministry of Government Legislation, 2014.
- [3] Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity, “New Direction of the Gifted Education in Korea”, Materials, 2013(http://www.kofac.re.kr/download.ddo?fid=bbs&bbs_cd_n=106&bbs_seq_n=43&order_no_n=2).
- [4] Hyung Bong Lee, “Development of a Matrix-focused Instructional Materials for Personal Education for the Gifted Middle School Students of Computer Science”, Journal of The Korea Society of Computer and Information, 2011.
- [5] Mi-Sook Kim, Jung-Kyu Lee, et. al., “A Study of the Assessment on the 1st Master Plan for the Promotion of Gifted Education Advancement, and the Long-term Prospect”, Korean Educational Development Institute(Research Report CR2007-66). 2007.
- [6] Hee-Ju Maeng, “Discussions on The Directions of Research and Development Tasks for Convergence Gifted Education”, Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 23, No. 6, pp.981-1001, 2013.
- [7] Yae-Won Seo, Jae-Boon Lee, “A Study of the Assessment on the 2nd Master Plan for the Promotion of Gifted and Talented Education, and the Long-term Prospect”, Korean

- Educational Development Institute(Research Report CR2011-68). 2011.
- [8] Yae-Won Seo, Jae-Boon Lee, et. al., "A study for establishment of the 3rd Master Plan for the Promotion of Gifted and Talented Education", Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity(Research Report), 2011(http://www.kofac.re.kr/download.ddo?fid=bbs&bbs_cd_n=106&bbs_seq_n=37&order_no_n=1).
- [9] Ministry of Education, "The 3rd Master Plan for the Promotion of Gifted and Talented Education", Government Document, 2013 (<http://gifted.kedi.re.kr/images/gifted/policy/report04.pdf>).
- [10] Kyungjin Lee, IISoon Roh, "An Exploration of the Direction of Development of the Integrated Curriculum for Gifted: The Applicability of the Drake Model", Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 24, No. 2, pp.217-241, 2014.
- [11] Jaho Lee, Hyeon-jong Oh, "Design and Validation of Education Contents of Algorithm for the Gifted Elementary Students of Computer Science", Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 19, No. 2, pp.353-380, 2009.
- [12] Mi-Sook Kim, "A Teaching-Learning Materials for the Secondary Informatics Gifted Students", Korean Educational Development Institute (Research Report CR2006-01~09), 2006.
- [13] Woochun. Jun, "A Study on the Current Status and Improvement Plans of Gifted Elementary Information Education Curriculum", Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 20, No. 1, pp.347-368, 2010.
- [14] KyungKyu Kim, JongYun Lee, "Design of a Stepwise Enrichment Curriculum for the Gifted and Talented in Informatics", The Journal of Korean association of computer education, Vol. 17, No. 1, pp.35-50, 2014.
- [15] Jinsoo Kim, "Exploration of STEM Education as a New Integrated Education for Technology Education", The Korean technology education association , Vol. 7, No. 3, pp.1-29, 2007.
- [16] Jinsoo Kim, "Pyramid and Cubic Model for S'TEAM Education", 2011 Annual Meeting of the Korea Society for School Science(Symposium I-2), pp.1-7, 2011.
- [17] Ministry of Science, ICT and Future Planning, "The 2nd Masterplan of Science and Technology", Information of Government 3.0, 2007 (http://www.msip.go.kr/www/brd/m_160/view.do?seq=1&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&multi_itm_seq=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&company_cd=&company_nm=&page=20).
- [18] Byung-Yeol Park, Hyonyong Lee, "Development and Application of Systems Thinking-based S'TEAM Education Program to Improve Secondary Science Gifted and Talented Students' Systems Thinking Skill", Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 24, No. 3, pp.421-444, 2014.
- [19] Ji Eun Yi, Hyeon-Suk Kang, "Application of Backward Design in Gifted Education", The Journal of the Korean Society for the Gifted and Talented, Vol. 13, No. 1, pp.129-154, 2014.
- [20] Hee-Sun, Jin-Gu Hong, Kew-Cheol Shim, "Study on Improving of Creativity of Gifted Students using the Project-based Task", Journal of Gifted/Talented Education, Vol. 18, No. 1, pp.111-137, 2008.
- [21] http://en.wikipedia.org/wiki/Thermionic_emission (Edison's Effect).
- [22] http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Milestones:Fleming_Valve,_1904 (Fleming's Valve).
- [23] http://en.wikipedia.org/wiki/Lee_de_Forest (Audion)
- [24] http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Russell_Ohl(PN Junction, Diode).
- [25] http://en.wikipedia.org/wiki/William_Shockley (NPN Sandwich Transistor, TR: Triode).
- [26] http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit (IC).

저 자 소 개



이 형 봉

1984: 서울대학교 계산통계학과(학사)
1986: 서울대학교 계산통계학과(석사)
2002: 강원대학교 컴퓨터과학과(박사)
1986~1993: LG전자 컴퓨터연구소
선임
1994~1998: 한국디지털(주) 책임
1999~2003: 호남대학교
정보통신공학부 교수
2004~현 재: 강릉원주대학교
컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 임베디드 시스템, 센서
네트워크
Email : hblee@gwnu.ac.kr



권 기 현

1993: 강원대학교 전자계산학과(학사)
1995: 강원대학교 전자계산학과(석사)
2000: 강원대학교 컴퓨터과학과(박사)
1998~2002: 동원대학
인터넷정보과 교수
2002~현 재: 강원대학교
전자정보통신공학부 교수
관심분야: 패턴인식, 미들웨어,
임베디드 소프트웨어
Email : kweon@kangwon.ac.kr