

전기회로 시뮬레이션의 설계 및 구현

김은주⁰ 최한아 류승필
 세명대학교 컴퓨터학과
 {enju⁰, chlgksdk, lsp415 }@semyung.ac.kr

Design and Implementation of Simulator for Learnign of Electrical Circuits

Eun-ju Kim⁰ Han-A Choi, Sung-pil Lyu
 Bureau, Korea Information Science Society

요 약

본 연구에서는 전기회로 시뮬레이터를 사용하여 학습자 스스로가 회로를 직접 만들어보거나 또는 저항, 전지, 전구 값들을 변경시켜, 회로의 변화를 직접 눈으로 확인하여 전기회로의 여러 가지 기본 이론이나 원리를 쉽게 습득하도록 구현하였다.

기존에 나와 있는 코스웨어들은 대부분이 동화상을 포함하거나 또는 플래쉬로 구현되어 있었다. 때문에, 학습자는 극히 제한된 실험만이 가능하였다. 본 연구에서는 학습자가 가상의 실험기구들을 이용해서 직접 전기회로를 구현 할 수 있게 하였다. 이로 인해, 여러 가지 실험을 다양하게 설계 할 수 있어 학습의 응용력을 높일 수 있도록 하였다.

1. 서 론

과학교과에서 학습의 탐구 활동은 대부분이 실험과 실습을 통해 이루어진다. 그러나 매시간 실험과 실습을 실시하기에는 시간적, 공간적, 비용적, 환경 파괴적, 위험적 요인으로 실험·실습이 효과적으로 진행되어 지고 있지 않는 실정이다. 또한, 실험을 수행하는 학생들의 활동을 보면 대부분 기구의 작동방식에 대한 훈련과 정확한 데이터의 수집에만 전념할 뿐, 실험 전에 어떠한 실험 목표를 가지고 어떤 가설이 가능할 수 있으며, 그러한 가설을 검증하기 위해서는 어떻게 실험을 설계할 수 있는지에 대한 고차적인사고 활동은 거의 없는 편이다[1].

따라서 컴퓨터를 활용하여 실험·실습을 대신 적용한다면, 학생들이 시간적, 공간적, 비용적, 환경 파괴적, 위험적인 요인으로 오는 문제점을 해결할 수 있어 보다 실험 내용에 충실할 수 있을 것이라 생각된다. 그러나 현재 사용되고 있는 컴퓨터 활용 학습의 문제점으로는 학습자의 자기주도적 학습이 부족하고, 교과서의 내용을 그대로 반영하여 응용 능력이 부족하며, 간단한 조작만을 통해서 학습이 진행되므로 학생들의 참여가 떨어지게 됩니다.

본 논문에서는 컴퓨터를 활용한 학습 중에서도 학습자의 능동적인 참여가 가능하며, 다양한 실험을 가상적으로 설계가 가능, 비용절감과 반복 학습이 가능하여 학습효과를 증대시킬 수 있는 시뮬레이션을 이용하여 학습하는 방법을 선택하여 전기회로 단원을 시뮬레이터로 설계하고 구현하였다. 본 연구에서 제시한 전기회로 시뮬레이터는 과학적 지식의 습득과 과학적 탐구 능력을 증진시켜 효과적인 전기회로의 학습이 이루어 질 수 있도록 하는 것이다. 따라서 학습자가 자기 주도적으로 가상의 실험 기구들을 이용해서 직접 전기회로를 구현함으로써 스스로 과학 활동에 참여하여 과학하는 방법의 습득 즉 탐구 능력의 향상을 가져오도록 구현한다.

2. 전기회로 시뮬레이터의 설계 및 구현

본 연구에서 제안된 시뮬레이터는 전기가 직접 눈에 보이지 않고 추상적이기 때문에 기본적인 원리와 개념을 이해하기 어렵고, 학교 수업시간에 이론이나 실험 등을 통해 쉽게 이해

할 수 있는 단원이 아니기 때문에 컴퓨터 모의실험을 통해 실제와 같은 효과를 부여하여 학생들이 조작해 보고 스스로 개념을 터득해 나갈 수 있도록 하였다.

본 연구의 기본 방향은 학습자 중심의 탐구학습에 있다. 이러한 학습자 중심의 탐구학습을 위하여 다음과 같이 설계하였다. 첫째, 학습자가 실험기구들을 마우스로 직접 이동하거나, 회전시켜서 전기 회로도들 직접 구현할 수 있도록 한다. 둘째, 학습자가 전구, 전지, 저항의 값을 임의적으로 변경할 수 있도록 구현하여 여러 가지 경우의 수를 주어 실험을 다양하게 설계 할 수 있도록 하여 학습의 응용력을 높일 수 있도록 구현하였다. 셋째, 전기회로도에 전류계와 전압계의 값이 출력되 되고, 전류계, 전압계의 그림을 학습자에게 보여주어 전류계, 전압계의 값 읽는 법도 학습할 수 있도록 구현하였다. 넷째, 회로에 흐르는 전압을 확인하도록 하여 학생들의 이해력을 높이도록 하였다.

2.1. 전기회로 시뮬레이터의 구성도

본 연구에서 구현된 전기회로 시뮬레이터의 구성도이다.

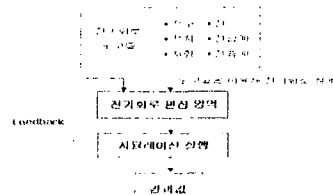


그림 1. 전기회로 시뮬레이터의 구성도

전기회로 시뮬레이터의 구성도는 크게 전기회로 도구들과 편집영역으로 나뉜다. 전기회로 도구들을 이용하여 전기회로 편집영역에 전기회로를 설계하여 시뮬레이터를 실행하면 그에 해당하는 결과 값이 출력되고, 학생들은 다시 전기회로를 구성해 보는 것을 반복하여 학습하게 된다.

2.2 전기회로 시뮬레이터의 설계 및 구성요소

현재 중등학교 과학교과서의 전류단원에서 다루어지는 실험 내용은 전기회로를 구현을 하고, 구현한 전기회로에서 흐르는

전류와 전하량에 관한 내용을 다루고 있다. 이러한 교과서의 학습내용을 효과적으로 실험해 보기위해서 본 연구에서 전기회로 시뮬레이션을 편집을 위한 구성요소에는 회로편집영역, 실험기구(전구, 저항, 전지, 스위치, 전압계, 전류계), 전선, 접합으로 나누어 학생들이 직접 회로를 설계·학습하게 구현하였다.

- ① 회로편집영역 : 회로를 설계하는 부분으로 일정한 간격의 격자로 구성되어 있으며, 그 격자 안으로 해당하는 실험기구와 전선이 들어가도록 구현하였다.
- ② 전선 : 마우스로 회로편집 영역을 드래그하면 마우스가 지나가는 곳에 전선이 그려진다. 단 전선은 격자의 중간 값만을 받아 오기 때문에 가운데에만 선이 그려진다.
- ③ 실험기구 : 전구, 저항, 전지, 스위치, 전압계, 전류계 등 전기회로 실험 시에 필요한 기구들을 객체로 구성
 - 전구 : 전기회로가 완성되어 전류 값을 측정하게 되면, 이때 전구는 전류의 세기에 따라서 밝기가 3단계로 표현된다.
 - 저항 : 저항의 초기값은 모두 1Ω 로 표현되고, 학습자 임의로 저항의 값을 줄 수 있다.
 - 전지 : 전지의 초기값은 모두 1.5V 로 표현되고, 학습자 임의로 전지의 값을 줄 수 있다.
 - 스위치 : 스위치의 ON, OFF가 가능하며, 전기회로가 완성되면 열려진 스위치를 닫아서 전기회로의 완성을 나타낼 수 있다.
 - 전압계 : 전압계는 회로 안에서 특정 위치사이의 전압을 측정하기 위한 것이다. 전기회로를 완성시킨 후, 특정 위치사이의 전압을 전압계 화면에 눈금으로 표시하여 보여준다.
 - 전류계 : 전류계는 회로 안의 전류의 값을 측정하기 위한 것이다. 전기회로를 완성시키고, 전류계를 회로도 위에 위치시키면 전류가 전류계 화면에 눈금으로 표시한다.
- ④ 회전 : 해당하는 실험기구들을 선택해서 90°, -90°, 180°로 각 객체를 회전 시켜서 회로도도 만들 수 있다.
- ⑤ 접합 : 만약 전선이 다른 전선들과 겹쳐져 있을 경우, 겹쳐진 부분으로 모두 전기가 통하는 경우와, 실제로 겹쳐진 않았지만 겹쳐진 것처럼 보여 서로 전기가 통하지 않는 경우가 있다. 여기에서 접합이란 전자와 같이 서로 겹쳐져 있고 겹쳐진 부분으로 모두 전기가 통하는 경우를 뜻한다. 다시 말해서, 접합이 표시되어 있을 경우에만 회로에서 모두(위, 아래, 왼쪽, 오른쪽) 전기가 통한다는 것을 의미한다.

2.3 전기회로 시뮬레이터의 구현

전기회로 시뮬레이션을 실행하면 보이게 되는 실행화면이다. 왼쪽의 격자무늬는 회로편집부분으로써 실제적으로 전기회로를 설계하게 될 부분이며, 오른쪽에는 전기회로를 설계하기 위한 여러 가지 실험 도구들이 놓여져 있다.

회로편집부분에서는 일정한 크기(50 * 50)의 격자를 그려주어 실험기구의 각 객체들이 격자 안으로 들어 갈 수 있도록 크기 조절을 하였다. 회로편집부분에 객체가 옮겨졌을 경우 배열에 저장 된다.



그림2. 전기회로 시뮬레이터의 실행화면

· 실험도구 - 전지, 전지, 저항, 스위치, 전류계, 전압계
 각 실험도구들은 모두 하나의 객체로 구현되어있으며, 각각의 객체들은 회전의 방향(0°, 90°, 180°, 270°)에 따라 고유한 번호를 부여하였다. 이 고유한 번호는 객체의 모양을 나타낼 뿐만 아니라 객체의 논리적인 연결까지 고려한 번호이다.

- k = 고유번호 % 10 ; 1, 2, 3, 4 의 숫자가 나옴
- k = k % 2 ; 0, 1 의 숫자가 나오게 된다.

여기서 0 : 수평 1 : 수직으로 객체가 연결이 되어야 한다는 것을 논리적으로 표현하였다.

다시 말해서, k = 0일 경우에는 객체들이 수평으로만 연결이 가능하기 때문에, 객체의 왼쪽, 오른쪽에 어떤 객체가 연결이 되어 있는지만 체크하면 된다.

표 1. 객체의 고유한 번호

	전지	객체모양	전구	객체모양	저항	객체모양	스위치	객체모양	전류계	객체모양	전압계	객체모양
수직연결	21		31		41		51		61		71	
수평연결	22		32		42		52		62		72	
수직연결	23		33		43		53		63		73	
수평연결	24		34		44		54		64		74	

예를 들어, 전구모양에서 21, 23번의 고유번호는 위의 공식을 이용해서 계산했을 경우에, k=1이 나오게 된다. 즉 k=1이라는 표현은 객체가 수직으로 연결이 되어 있는 논리표현이므로 객체의 아래와 위를 검색해서 다른 객체들과 연결이 되어 있는지 확인하면 된다.

· 전선표현 - 객체와 객체를 연결하는데 표현된다.

전선을 표현하기 위해서는 전선 구성의 기본 값들을 이용하여 구현한다. 전선 구성의 기본 값들에서 나올 수 있는 경우의 수는 아래 표와 같이 나타난다.

학습자가 전선을 그렸을 때, 그려지는 선은 전선 구성의 기본 값들 중에서 해당하는 숫자(4자리)까지 OR연산 시켜서 나온 값을 산출하여 선의 번호로 표현한다. (전선의 기본값은 0001, 0010, 0100, 1000) 이렇게 전선구성 기본값들을 이용해서 만들 수 있는 전선을 모두 만들어보면 11개의 모양을 만들 수 있다. 여기서 표현될 수 있는 전선의 모양에 따라 연산한 값을 선의 고유번호로 쓰게 된다. 전선의 번호로 하여금 그 다음에 객체가 어디에 놓여야 하는지를 논리적으로 표현하였다.

표 2. 선의 구현화면

드레그 방향	연산 값	드레그 방향	연산 값	드레그 방향	연산 값	드레그 방향	연산 값
	0001-1-		0010-2-		0100-4-		1000-8-
전선 구성의 기본값들							
	0011		0101		0110		0111
	1001		1010		1011		1100
	1101		1110		1111		

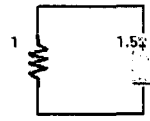
예를들어, 선의 5번 값은 객체가 위쪽 방향과 전선의 아래쪽 방향에 연결이 되어 있음을 의미하고 13번의 값은 객체가 왼쪽, 위쪽, 오른쪽에 위치되어 있음을 의미한다.

전선은 하나인 격자의 중간만을 지나가도록 하기 위해서, 마우스가 처음 클릭한 점에서 가장 가까운 격자의 중간점을 찾고, 그 점을 시작점으로 그려지도록 하였다.

즉, 전선은 1~15번의 고유한 번호를 가지게 되고, 실험도구들은 21~74까지의 객체마다 다른 고유한 번호를 가지고 있다.

프로그램 안에 객체의 연결의 표현을 표현한 화면 격자에 객체를 가지고 오게 되면 배열에 저장되는데 배열에 저장된 번

호가 생성번호이다. 그림3에서 왼쪽 그림의 화면은 학습자가 직접 회로를 설계한 화면이고, 오른쪽 그림은 실제로 학습자가 설계한 회로가 배열에 어떻게 저장되어 있는지 보여준 화면이다. 격자 하나하나가 그 배열의 생성 번호와 객체의 번호로 구성되어 있어, 객체는 서로의 연결정보를 가지고 있어 논리적인 연결 확인이 가능하다.



생성번호 : 1 객체번호 : 6	생성번호 : 4 객체번호 : 10	생성번호 : 6 객체번호 : 12
생성번호 : 2 객체번호 : 41		생성번호 : 7 객체번호 : 21
생성번호 : 3 객체번호 : 3	생성번호 : 5 객체번호 : 10	생성번호 : 8 객체번호 : 9

그림 3. 연결 표현 화면

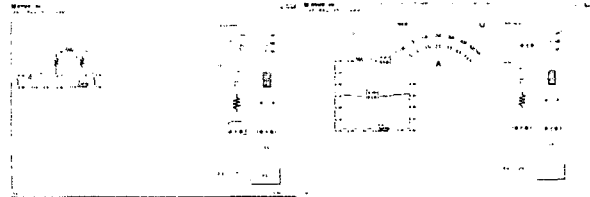


그림 6. 시뮬레이터를 실행하여 전압값(전류계) 실행화면
그림 6에서 볼 수 있듯이 전기회로를 학생들이 직접 구현한 후 시뮬레이터를 실행하면, 그 회로의 전선으로 흐르는 전압값들이 표시된다. 또한 전류계나 전압계를 위치 시켰을 경우에는 전류계나 전압계에 해당하는 전류나 전압의 눈금이 보여지게 표현하였다.

2.4 전기회로 구현의 실행원리
전기회로의 전압을 구하는 공식은 키르히호프 법칙을 이용하였다.

- 키르히호프의 법칙 : “회로 내의 어느 점을 취해도 그 곳에 흘러 들어오거나 흘러나가는 전류의 총합의 합은 0이다.”

유입전류 = 유출전류 이므로

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$\sum I_{ij} = 0$$

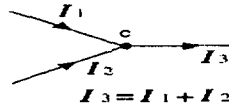


그림 4.

여러 개의 전기 저항과 전원이 연결된 복잡한 회로에서 각 부분을 흐르는 전류와 전압사이에는 다음과 같은 키르히호프의 법칙이 성립된다.

$I_1 + I_2 = I_3$ 이것은 전기 회로에서 전류가 흐를 때 전하가 보존됨을 나타낸다. 두 점(i,j)에서의 전압을 구하는 공식은 옴의 법칙을 이용하였다. Ohm은 저항기를 거친 전압(전위차)이 변화할 때, 저항기를 거친 전류도 변화한다. 전류는 전압과 정비례하고 저항과는 역으로 비례한다. 즉, 전압이 증가함에 따라 전류도 증가한다. 비례 상수는 저항 값이다. 전류가 저항과 역비례하기 때문에, 저항이 증감하면, 전류는 감소한다.

$$\Delta I_{ij} = \frac{\Delta V_{ij}}{r_{ij}} \quad r_{ij} = \text{node } i \text{ and } j \text{ 사이의 저항}$$

$$\Delta V_{ij} = \text{node } i \text{ and } j \text{ 사이의 전압}$$

3. 기존 컴퓨터 활용 학습과의 비교



그림 5. 기존 컴퓨터 활용 학습의 화면

기존 컴퓨터 활용 학습의 문제점으로는 첫 번째, 중학교로 갈수록 이론적인 내용이 점점 많아짐에 따라 CAI 또한 이론적인 내용 위주의 학습만 할 수 있게 구성되어 있어 전통적인 교육방식과 차이점이 없다. 두번째로 전류, 전압 측정화면에서는 단순히 버튼을 누르면 그에 해당되는 그림만이 보이게 구현되었다. 세 번째로 학습자의 자유로운 설계 및 응용이 불가능하다는 점을 들 수 있다. [2][3][4]

표 3. 기존 학습도구와의 비교

	기존 학습도구	전기회로 시뮬레이터
회로설계	전기회로 설계기능 없음	전기회로 설계가능
실험 변이값	저항, 전류의 값이 정해져 있음	저항, 전류의 값을 임의적으로 변경가능
전압·전류 측정	사진으로 보여짐	시뮬레이션을 실행하여 임의의 점에서 측정가능

4. 결론

현재 전기회로 단원을 학습하기 위한 많은 CAI 및 멀티미디어 학습은 단순히 이론중심의 학습을 위한 것이지 실제 컴퓨터에서 가상으로 전기회로 실습을 할 수 있는 환경을 제공해주고 있지는 않는다. 과학교과에서의 실험학습을 하기 위해서는 많은 실험장비와 실험재료 등이 필요하고, 환경적인 제약도 따른다. 따라서 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 학습이 위험한 실험장비들을 조작하고, 그 결과로 나타나는 반응들을 관찰함으로써 과학 실험을 하기 위해서는 매우 적합한 교수-학습방법이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 중학교의 과학교과의 ‘전기회로’ 단원을 학습함에 있어서 컴퓨터를 활용한 시뮬레이션 학습이 과학적 지식의 습득과 과학적 탐구 능력을 증진시켜 효과적인 전기회로의 학습이 이루어지도록 설계하고 구현하여 얻어진 결과는 전기회로를 직접 설계하여 학생들의 자기주도적인 학습 참여를 기대하고, 다양한 실험을 설계하여 학습 응용력을 높이고, 시뮬레이션 과정을 통해 실험실 이 아닌 가상환경에서 전기회로의 지식 습득 할 수 있도록 도움을 주리라 기대합니다.

5. 참고문헌

- [1] 표창우, “computer simulation을 이용한 고교 교과과정의 가상물리 실험 구현”, 영남대 교육대학원, 2004
- [2] 신순인, “공업고 ‘전기회로’과목 교류회로 단원의 ICT 활용 교수-학습 과정안 개발과 효과”, 한국교원대 대학원, 2003
- [3] 이상욱, “공통과학 실험학습을 위한 웹 코스웨어와 시뮬레이터 X의 설계 및 구현”, 한국교원대학교 대학원, 1998
- [4] 김동식, 서삼준, “웹기반 전기전자 가상실험실 구현방법”, 공학교육연구지, 2001
- [5] 한병래, “OOP를 이용한 자연과 가상 실험기기 시뮬레이터 X의 설계 및 구현”, 한국교원대학교 대학원, 1998