KIPS Trans. Comp. and Comm. Sys.
Vol.9, No.12 pp.333~338
ISSN: 2287-5891 (Print), ISSN 2734-049X (Online)

https://doi.org/10.3745/KTCCS.2020.9.12.333

Development of Augmented Reality Based Electronic Circuit Education System

DoBong Oh† · SeungHwan Shim†† · HanGo Choi†††

ABSTRACT

This paper proposes an augmented reality-based electronic circuit education system as a way for electronic circuit education, which is the basis of ICT convergence technology field. It consists of a hardware module that can identify the actual circuit and a mobile educational content that can check the current flow, input, output, and measured value by applying augmented reality technology. An experiment was conducted on image recognition, which is the main performance, for the purpose of stable operation of the system, and as the experimental method the recognition rate was measured by changing the distance between the hardware module and the mobile device to a certain interval. As a result of the experiment, the recognition rate was 100 percent at a distance of 25[Cm] or higher, and it was confirmed that the recognition rate decreased by 12% at a distance below 25[Cm], which can be said to be the effect of an error that results in image loss taken due to close distance. In the future, we plan to apply the education system presented in this paper to classes, which increases the efficiency of classes and improve students' interest and understanding of the subject.

Keywords : Augmented Reality, Eletronic Block, Eletronic Circuit Practice, Training Equipment, Edutech

증강현실 기반 전자회로 교육 시스템 개발

오 도 봉† · 심 승 환†† · 최 한 고†††

요 약

본 논문은 ICT 융합기술 분야의 기초가 되는 전자회로 교육을 위한 방법으로 증강현실 기반 전자회로 교육 시스템을 제안한다. 시스템은 실제 회로를 확인할 수 있는 하드웨어 모듈과 증강현실 기술을 적용하여 전류의 흐름, 입·출력, 측정값을 확인할 수 있는 모바일 교육 콘텐츠로 구성된다. 시스템의 안정적인 동작을 목적으로 주요 성능인 이미지 인식에 대한 실험을 진행하였고, 실험 방법은 하드웨어 모듈과 모바일 기기까지의 거리를 일정 간격으로 변경하여 인식률을 측정하였다. 실험 결과 25[Cm] 이상의 거리에서는 인식률 100%를 보였고, 25[Cm] 이하부터는 인식률이 12% 저하되는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 거리가 근접하여 촬영된 이미지 손실에서 발생하는 오류의 영향이라 할 수 있다. 향후 본 논문에서 제시하는 교육 시스템을 수업에 적용할 계획이며, 이는 수업의 효율성을 높이며 학생의 흥미유발 및 교과에 대한 이해도를 향상시킨다.

키워드 : 증강현실, 전자블록, 전자회로 실습, 교육훈련장비, 에듀테크

1. 서 론

최근 4차 산업혁명시대에 들어오면서 인공지능, 사물 인터넷 등 정보통신기술(ICT, Information & Communication Technology)의 융합으로 새로운 기술의 중요성이 대두되고 있다. 이중 전자 회로 교육은 전자 회로의 원리를 이해하고, 소자 및 소자 특성을 이용하여 회로구성 및 응용이 가능하도록 이론과 실습을 통하여 진행되고 있다[1]. 이론 강의 후 실습 시 사용하는 교구는 만능기판, 브레드보드가 대표적이다. 이들은 안전에 유의해야 하며, 회로가 잘못 구성되었거나 회로의 Open이나 Short 등 회로의 오류를 찾기 힘들며 수정은 더 힘든 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 해결하고자 자석을 이용한 하드웨어 모듈을 제작하여 다양한 형태의 회로를 입체적으로 구성할 수 있으며, 증강현실(AR, Augmented Reality)을 이용하여 회로 구성과 측정 및 디버깅을 통해 흥미를 유발시켜 수업의 효율성 및 학생의 이해도를 높일 수 있으며 언제든지 스스로 학습할 수 있는 교육 시스템을 제안한다.

증강현실이란 실제세계와 가상세계를 이음새 없이 실시간

※ 이 논문은 2019년 중소벤처기업부의 기술개발사업지원에 의한 연구임 (S2729399).
※ 이 논문은 2020년 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 "증강현실 기반 전자회로 교육 시스템 개발"의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.
† 정 회 원 : 금오공과대학교 전자공학부 박사과정, 코아원 연구소장
†† 비 회 원 : 코아원 대표
††† 비 회 원 : 금오공과대학교 전자공학부 교수
Manuscript Received : July 22, 2020
Accepted : September 1, 2020
* Corresponding Author : HanGo Choi(hgchoi@kumoh.ac.kr)

※ This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/ licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로 혼합하여 사용자에게 제공하여 보다 향상된 몰입감과 현실감을 제공하는 기술이다[2]. 실감콘텐츠는 교육과 학습에 있어 실제성 증대, 고위험·고비용 대체, 안전성·효율성 확보가 용이하며, 학습자가 학습내용에 몰입하게 하고, 주도적·능동적 학습을 유도하여 교육효과를 증진 시킨다[3].

증강현실의 교육적 활용은 능동적 학습, 구성주의적 학습, 의도적 학습, 실제적 학습 및 협동 학습을 촉진시키며[4], 몰입의 유발, 경험중심, 이동성 협력 학습 강화라는 측면에서 효과적인 학습을 기대할 수 있다[5]. 또한 증강현실 기반 수업은 학습자에게 높은 조작성과 상호 작용을 제공하는 매체적 특성으로 학습에 집중과 몰입을 유발하여 3차원의 현실감 있는 학습 정보 제공으로 학습 효과에 긍정적인 영향을 미치며 증강현실을 적용한 사례연구에서 학습 효과가 좋음을 보여 주었다[6]. 교육 전문가들은 교육에 기술이 더해지며 가상·증강현실 기술 등을 활용한 수업 등 앞으로 학습 체계에 혁명적인 변화가 올 것이라고 전망하고 있다[7]. 이러한 증강현실을 적용한 학습은 실제 사물을 이용하여 가상의 콘텐츠를 체험할 수 있어 이론적 이해와 원리를 이해하는데 매우 유용할 것이다.

기존 전자 회로 실습 교육을 위하여 사용하는 교구는 대표적으로 네 가지로 구분할 수 있다[8]. 첫 번째가 만능기판위에 납땜으로 회로를 구성하는 방법이며, 이는 안전에 유의 하여야 하며, 잘못 결선 시 디버깅이 힘들다는 단점이 존재한다. 두 번째는 브레드보드를 이용한 실습 방법으로 파워 서플라이 등과 같은 부가적인 장치가 필요하며, 피 교육자는 회로 연결 방법을 이해할 필요가 있고, 회로연결 후 브레드 보드 내부에서 결선 또는 단선 등이 발생한다는 단점이 존재한다. 세 번째는 블록 키트를 이용한 실습 방법으로 소자가 모듈형태의 방법으로 구성되어 있으나 3개 이상의 배선이 만날 경우 배선이 어렵다는 단점이 존재한다. 마지막은 전자 회로 실습 장비를 이용하는 방법으로 회로가 대부분 구성되어 있어 학생이 회로를 확인하는 교육이다.

본 논문에서는 이들의 단점을 보완하기 위해 잘못된 회로 구성 시 증강현실 앱(App., Application)에서 메시지로 알려 주고, 자석을 활용하여 납땜이 필요하지 않으며, 회로 연결이 육안으로 확인할 수 있어 회로 디버깅에 용이한 증강현실 기반 전자 회로 실습 시스템을 제안한다.

2. 증강현실 전자 회로 교육 콘텐츠 시스템

2.1 하드웨어 설계

증강현실 전자 회로 교육 콘텐츠 시스템은 Fig. 1과 같이 하드웨어 파트인 전자회로 모듈을 이용한 전자 회로부와 증강현실 기반 소프트웨어파트인 증강현실 전자 회로 교육 소프트웨어로 구성된다.

하드웨어의 경우 회로 접촉 불량에 대한 실습 오류의 최소화와 잘못된 회로 구성 시 빠른 수정을 목적으로 구형 자석 블록 접촉 방식과 소자의 모듈화를 적용하였다. 또한 다양한

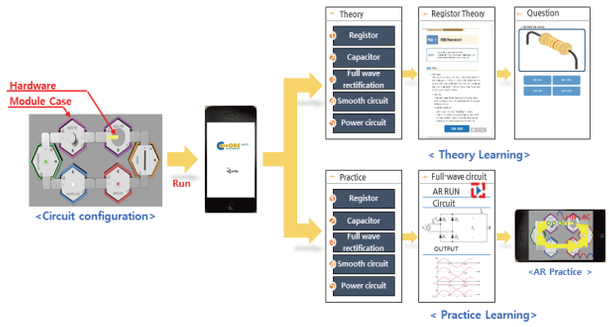


Fig. 1. Education Content System Diagram

방법으로 연결하기 위하여 기구를 다각형으로 설계하였으며, 내부에 구형 자석을 두어 자석이 회전하여 극성에 관계없이 연결되도록 설계하였다. Fig. 2는 기구물의 설계도면이며 기구물의 소자에 따라 다른 모듈과 연결할 수 있도록 연결부위에는 구형 자석이 삽입되며, 모듈 간 전기적인 연결을 위해 전기 전도성이 있는 접촉단자를 사용한다.

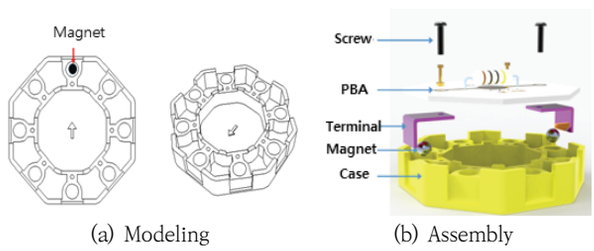


Fig. 2. Modeling and Assembly Drawing

하드웨어 모듈은 다양한 값을 가지는 저항과 콘덴서, 다이오드, 트랜지스터, 연산증폭기, 발진회로, 전원회로, 부저, 발광다이오드 모듈과 이를 연결할 수 있는 십자선, 일자선, 점퍼선과 각종 전원 및 신호를 입력할 수 있는 교류/직류 전원 입력모듈, 전류 측정을 위한 테스트 포인트 모듈 등은 PCB (Printed Circuit Board)로 제작하였으며 총 66개의 모듈로 구성된다.

소프트웨어의 경우 교육을 목적으로 이론 및 실습으로 구성되는데, 이론의 경우 이론 선택 및 이론학습, 평가 문제, 문제 풀이 등을 제공한다. 실습의 경우 실습 선택 및 회로학습, 증강현실로 구성되며 본 논문의 소프트웨어 설계 구성은 Fig. 3과 같다. 화면은 크게 로딩, 이론학습, 실습학습으로 구분된다. 로딩은 앱 실행 후 메인 화면이 로딩되기 전까지의 과정이며, 스플래쉬(Splash), 주의사항 및 로그인 화면으로 구성된다. 이론 학습은 진행할 학습을 선택하면 해당하는 이론 내용이 화면에 출력되며, 학습은 전자 소자 및 회로에 관련된 교육 콘텐츠이다. 이론 교육이 완료되면 평가, 점수 확인 및 정답을 확인할 수 있다. 실습 학습은 선택된 학습에 사용되는 회로를 화면에 출력된 가이드라인을 따라 하드웨어 모듈을 이용하여 구성한다. 이 후 실제 하드웨어 회로에서 값을 측정하거나 관찰할 수 있으며, 증강현실 앱에서 증강 현실 기반의 실습을 진행할 수 있다.

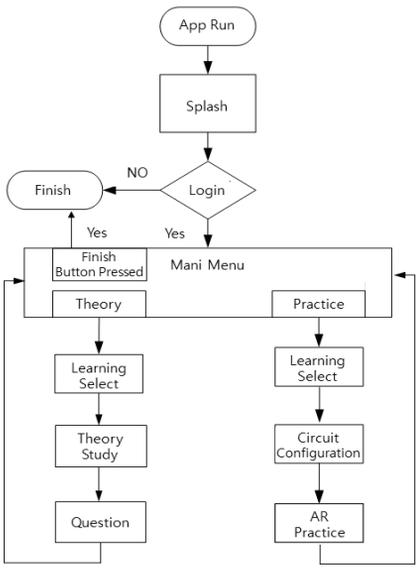


Fig. 3. Software Design Flow Chart

증강현실은 이미지 전체 인식 및 실제 화면에 오버랩 되는 증강현실 3D 이미지를 위하여 각 모듈별로 이미지를 제작한다. 소프트웨어가 구성된 전자 회로를 촬영하여 인식하는 순서는 Fig. 4와 같이 소프트웨어 개발 툴에 이미지를 등록하고 실제 구현된 전자 회로를 촬영하는 방식으로 소자 정보를 추출한다. 이후 등록된 이미지와 촬영된 이미지를 비교하여 동일한 경우 실제 촬영된 이미지위에 3D로 제작된 증강현실을 오버랩(Overlap)하여 보여주도록 구현하였다. 마커리스(Markerless)방식을 적용하기 위한 방법으로 본 논문에서는 서동희(2015)가 제안한 방법[9]에서 적용한 소프트웨어를 사용하여 이미지의 특징점을 추출하였다.

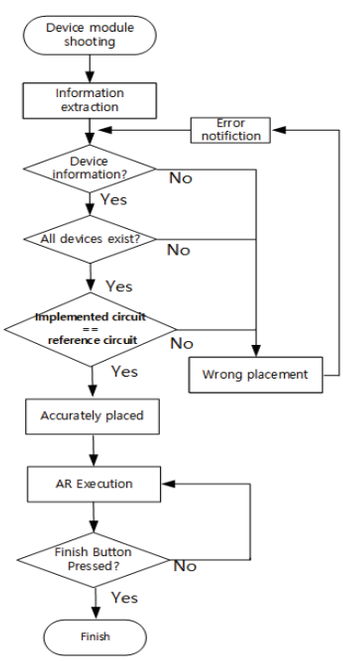


Fig. 4. Image Recognition Process

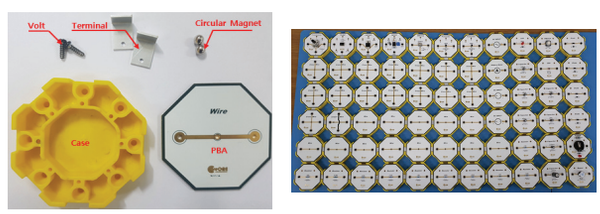
이미지 처리는 구성된 회로의 외곽부분을 검출한 후 각 모듈의 텍스쳐(Texture), 반복되는 로고 등을 사용하여 객체를 분석하였다.

3. 교육 시스템 개발 및 동작 분석

하드웨어와 소프트웨어의 개발을 목적으로 다양한 소프트웨어를 사용하여 개발 환경을 구축하였고, 하드웨어 설계 및 개발을 위한 전자캐드 소프트웨어와 기구 개발을 위한 기구 설계 소프트웨어를 사용하였다. 소프트웨어 개발을 위하여 안드로이드 플랫폼에서 구동할 수 있도록 JDK(Java Development Kit)와 ADT(Android Develope Tools) 등을 사용하여 개발 환경을 구축하였다. 부가적으로 증강현실 표현 시 모바일 기기에서 카메라로 촬영된 전자 회로의 이미지를 3D로 제작하기 위한 소프트웨어와 랜더링(Rendering)을 위한 소프트웨어 프로그램을 이용하였다.

3.1 하드웨어 개발

하드웨어는 전자 회로에 사용되는 소자, 배선을 PCB로 구성하여 제작하였다. 각 소자 모듈을 연결하기 위하여 케이스를 설계 및 제작하였으며, 모듈은 제작된 PCB위에 사용되는 소자별로 부품을 마운트 하였다. 모듈의 구성은 소자가 조립된 PBA (Printed Board Assembly), 구형 자석, 전도성 접촉단자, 케이스, 나사로 구성되어 있으며 실제 구현된 모듈은 Fig. 5와 같다.



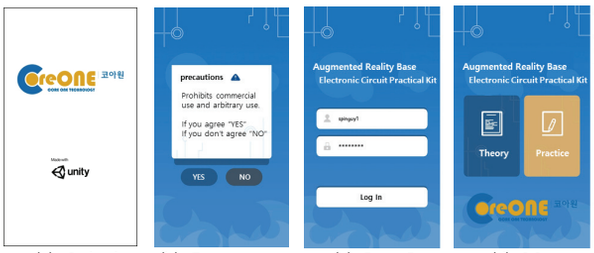
(a) Components (b) Finished Product

Fig. 5. Components and Products

3.2 앱 기본 구성 개발

소프트웨어의 경우 앱을 실행하면 Fig. 6(a)와 같이 스플래시 화면이 나타나고 앱 사용에 대한 주의 사항이 Fig. 6(b)와 같이 표시된다. 이때 주의 사항을 확인하고 “예”를 누르면 Fig. 6(c)와 같은 로그인 화면으로 넘어가고 “아니오”를 누르면 앱이 종료된다. 로그인 화면에서 부여받은 아이디와 비밀번호를 입력하고 “로그인” 버튼을 클릭하면 메인 화면이 표시된다. 로그인 이후 메인 화면은 Fig. 6(d)와 같이 이론과 실습으로 제공되고, 사용 목적에 맞추어 이론 또는 실습을 선택할 수 있도록 설계하였다.

이론 부분은 Fig. 7과 같이 학습할 이론을 선택하는 이론 선택 화면, 이론을 학습하는 이론학습 화면, 학습이 종료되면 학습종료 화면 등이 표시되도록 설계하였고, 복습 및 이해도 평가를 목적으로 문제화면, 문제종료 화면, 그리고 정답화면



(a) Splash (b) Precautions (c) Log In (d) Main

Fig. 6. Initial Screen

으로 표시되도록 개발하였다. 실행순서는 Fig. 7과 동일하고, Fig. 7(a)의 이론 선택에서 제공하는 이론의 경우 저항 회로, 콘덴서 충·방전회로, 반파 정류회로, 전파 정류회로, 평활회로, 정전압회로, 트랜지스터 증폭회로, 그리고 연산 증폭 회로 등의 화면을 제공하지만 이론학습 및 문제, 정답화면의 경우 해당 내용의 특성에 맞추어 화면을 제공한다.

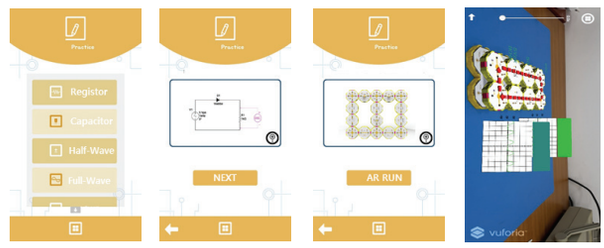
(a) Selection (b) Learning (c) Finish

(d) Question (e) Finish (f) Asnwer

Fig. 7. Theory Learning Screen

실습 부분은 Fig. 8과 같이 실습선택 화면, 회로학습 화면, 실습을 선택하는 실습선택 화면, 증강현실 이전 회로 이해와 구성을 확인하기 위한 회로구성 화면 등이 표시되도록 설계하였고, 실제 하드웨어 위에 증강현실을 제공하기 위한 화면이 표시되도록 개발하였다.

증강현실 화면의 경우 Fig. 8(c)에서 "AR RUN" 버튼을 클릭하면 카메라 모드로 진입하며, 구성해 놓은 하드웨어를 찍으면 실제 하드웨어 위에 증강현실이 구현되는 것을 확인할 수 있다. 이때 증강 현실로 측정 포인트, 입력값 등을 확인하면서 실습할 수 있도록 콘텐츠를 개발하였다.



(a) Selection (b) Learning (c) Composition (d) AR

Fig. 8. Practice Screen

3.3 증강현실을 이용한 교육 개발

전자회로 중 반파 정류 회로를 증강현실로 표현한 화면은 Fig. 9와 같다. 화면에는 신호 입력파형, 측정 포인트에서의 출력 파형 등을 제공하도록 설계하였고, 전류의 흐름과 각 포인트에서의 값, 측정 포인트를 안내하는 화면이 실제 화면에 오버랩 되어 제공할 수 있도록 하였다. 사용자의 편의성을 목적으로 전체 화면은 확대 및 축소가 가능하도록 기능을 제공하였으며, 전류의 흐름 ON/OFF 등의 기능도 구현하였다.

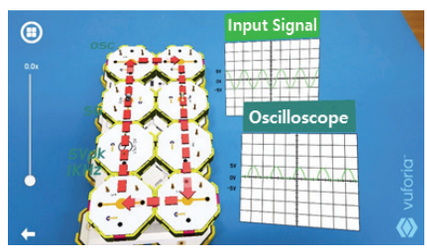


Fig. 9. AR Screen

기존 실습 교구는 회로도를 보고 직접 소자의 위치 및 배선을 수행하여야 하지만, 앱 콘텐츠와 하드웨어 모듈을 가지고 직접적인 관점으로 실습을 진행할 수 있음으로 시간을 절약할 수 있는 장점도 있다.

3.4 실험 및 동작분석

본 논문에서 개발한 시스템은 증강현실 기술을 이용함에 따라 주요 성능 지표가 모바일 앱에서 인식하는 인식률이 가장 중요한 설계요소라 할 수 있다. 다시 말해서, 인식률이 높을 경우 증강현실 콘텐츠의 안정적 제공을 의미한다. 이의 일환으로 본 논문에서는 증강현실 앱에서 인식은 등록되어 있는 이미지의 특징점과 실제 구성된 객체에서 인식되는 이미지 영역에서 특징점을 비교하는데, 이때 감지되는 이미지 영역이 축소될 경우 특징점을 추출하여 증강현실을 구현할 수 있는지를 확인하였다. 전체 영역이 아닌 축소된 영역에서도 증강현실 기능이 구현된다면 인식률이 높다고 판단할 수 있다.

본 논문에서 제안한 시스템의 인식률을 분석하기 위해 실제 회로를 구현하고 일정한 거리에서 앱을 실행할 수 있도록 Fig. 10과 같이 실험 환경을 구축하였으며, 전자 회로와 모바일 앱과의 거리에 따른 인식률에 대한 실험을 수행하였다.

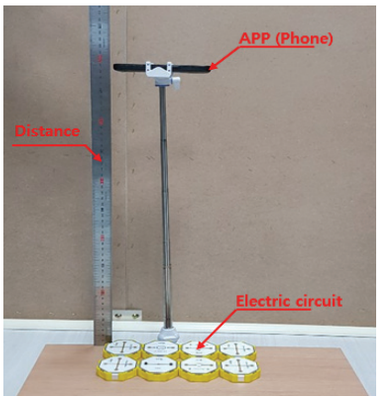


Fig. 10. Experiment Environment

실험 수행 방법은 앱에서 거리에 따른 인식률을 단계별로 평가하여 인식률을 계산한다. 거리에 따른 인식률은 조도 조건을 실내로 고정한 후 전자 회로 중 소프트웨어 개발 툴에 업로드 된 이미지 중 인식률이 가장 낮았던 반파 정류회로를 구성하고, 측정 시작 기준 거리인 50[Cm]부터 5[Cm] 간격으로 점차 거리를 줄여 가면서 인식이 되는 거리를 측정한다. 단 증강현실 화면은 측정 후 일정 시간 동안 계속 오버랩 되어 있기 때문에 거리 간격이 줄어 들 때마다 앱을 재실행하여 측정한다. 인식률은 Equation (1)과 같이 계산하였고, 거리에 따라 10회의 실험을 진행하였다.

$$R = \left(\frac{D}{C}\right) \times 100 \tag{1}$$

여기서, R은 인식률을 의미하고, D는 인식불량 횟수, 그리고 C는 측정횟수를 의미한다.

거리에 따른 실험 결과는 Fig. 11과 같이 25[Cm] 이상의 거리에서는 모두 100%의 인식률을 보였지만, 거리 20[Cm]에서는 90%, 그리고 15[Cm]에서는 60%의 성능을 보임을 알 수 있다.

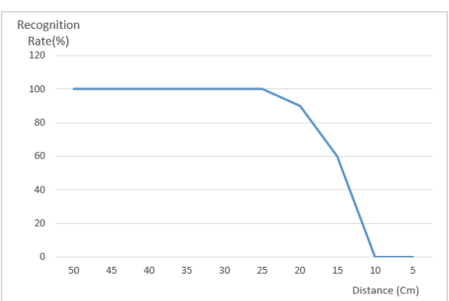


Fig. 11. Recognition Rate by Distance

이를 세부적으로 분석하기 위한 목적으로 거리에 따라 실제 구성된 회로와 실제 촬영된 이미지의 비율을 확인하였다. 이는 전체 이미지와 축소되는 이미지의 비율로 전체 이미지의 몇 퍼센트까지 인식이 수행되는지 확인하기 위함이다. 이미지 비율은 Table 1과 같고, 표에서 사용된 회로(반파 정류회로)의 모듈 개수가 8개이다.

Table 1. Actual Screen Ratio by Distance

Distance (Cm)	Recognition Rate (%)	Screen Ratio (%)
50	100	100 (8/8)
45	100	100 (8/8)
40	100	100 (8/8)
35	100	100 (8/8)
30	100	100 (8/8)
25	100	100 (8/8)
20	90	87.5 (7/8)
15	60	75 (6/8)
10	0	50 (4/8)
5	0	12.5 (1/8)

반파정류 회로의 경우 모듈과 카메라의 거리가 45[Cm]일 때 표현하고자 하는 증강현실 이미지 전체가 확보 되었으며, 15~35[Cm] 구간에서는 증강현실 이미지는 나타나지만 표현하고자 하는 화면의 일부가 나타나지 않아 전체 회로의 확인이 어려우며, 10[Cm] 이하에서는 인식되지 않음을 확인하였다. 또 거리가 가까워지면 촬영되는 부분이 줄어들면서 특징점을 추출하고 이미지와 비교하여 증강현실로 표현하는데 시간 지연이 발생하는 것을 확인하였다. 또한 실제 구성된 회로 이미지의 약 75%(8개의 모듈 중 6개)이상 모바일 화면에 나타나야 비교할 특징점을 추출할 수 있음을 알 수 있었다. 즉, 증강현실 앱에서 60% 이상의 인식률을 가지려면 실물 이미지의 75% 이상 확보되어야 안정적으로 앱을 사용할 수 있음을 확인할 수 있었다.

증강현실은 카메라로 실제 하드웨어로 구성된 영상을 찍었을 때 비교할 이미지에서 추출된 특징점이 인식되면 이벤트가 발생하여 증강현실을 실제 영상 위에 보여 주도록 한다. 이때 등록된 이미지의 인식률은 전체를 100%로 기준을 잡았을 때 구성된 콘텐츠는 Table 2와 같은 인식률을 보였다. 이는 소프트웨어 개발툴에 업로드 한 이미지를 기준으로 나타나는 인식률을 작성한 것이며, 불규칙적인 패턴인 무늬 사용과 명암 대비를 높여 주면 일부 개선 될 수 있다.

Table 2. Image Recognition Rate by Circuit Type

Circuit Type	Recognition (%)
Resistance Circuit (Kirchhoff)	60
Capacitor Circuit	100
Half-ware Rectifier Circuit	40
Full-ware Rectifier Circuit	80
Smoothing Circuit	100
Voltage Regulator Circuit	80
Transistor Amplifier Circuit	80
Op-Amp Amplifier Circuit	80
LED ON/OFF Circuit	100

4. 결 론

시대 변화에 따른 교육 방법도 지속적으로 변화되고 있다. 따라서 본 논문에서는 실제 기본 소자 모듈을 이용하여 전자 회로를 구성할 수 있는 하드웨어와 이론 및 증강 현실을 이용한 전자 회로 실습 교육 콘텐츠를 개발하였다. 교육 현장에서 이론으로 학습하는 내용을 실물 하드웨어를 사용하여 회로를 구성하는 실습이 가능하며, 교재가 없어도 앱을 활용하여 이론을 학습할 수 있다. 더불어 증강현실 실습은 눈에 보이지 않는 전자의 흐름, 입·출력값, 회로 노드 측정값을 표시하여 별도의 계측기나 신호 공급 장치가 없어도 실습이 가능하다. 이는 물리적 및 공간적 제한에서 벗어 날수 있고 스스로 자기 주도 학습이 가능하게 됨으로써 학습 효과를 향상 시킬 수 있다.

본 논문에서는 영상을 획득하여 특징점 추출을 통하여 증강현실을 구현함에 따라 영상의 인식률이 성능에 대한 중요한 요소이다. 이에 이미지 손실에 따른 인식률을 측정하기 위하여 거리에 따른 인식률 실험을 수행하였다. 실험 결과 60% 이상의 인식률을 가지려면 실물 이미지의 75% 이상 확보되어야 안정적인 성능을 보임을 확인할 수 있었다. 인식 실험 결과 이미지의 가림 등 이미지의 손실이 있는 경우 특징점 추출에 실패하여 인식 성능에 영향을 미침을 알 수있다. 이러한 결과에 따라 다양한 환경에도 강인한 특징점 추출이 가능하도록 연구를 지속적으로 수행할 예정이다.

향후 증강현실을 이용한 전자 회로 교육 콘텐츠를 실물을 조작할 수 있으며, 증강현실 기술을 이용한 코딩 교육, 전기·전자·자동차 등 공학계열에 사용되는 전문 교과 분야로 범위를 확장할 수 있는 콘텐츠를 개발하여 매우 효과적인 교육용 콘텐츠로 활용할 계획이다.

References

[1] Ministry of Education, "Technical High Schools Characteristics and goals of each department," http://www.prism.go.kr, 2007.

[2] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," In *Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, Vol.6, No.4, pp. 355-385, 1997.

[3] W. T. Beom, J. Y. Kim, and N. J. Kim, "Realistic Education Content Policy Trends and Case Analysis Using VR·AR," *National IT Industry Promotion Agency*, Issue Report 2019-15, p.3, 2019.

[4] B. E. Shelton, "How Augmented Reality Helps Students Learn Dynamic Spatial Relationships," Unpublished doctorial dissertation, University of Washington, 2003.

[5] J. H. Ryu, I. H. Jo, H. O. Huh, J. H. KIM, B. K. Kye, and B. S. Ko, "Research report on Augmented Reality-based Next Generation's Experiential Learning Model," Korea Education and Research Information Service, 2006.

[6] E. H. Park and J. W. Jeon, "Developing Korean Learning Contents Using Augmentd Reality," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol.13, No.4, pp.459-468, 2013.

[7] The ScienceTimes, "Virtual and augmented reality class," https://www.sciencetimes.co.kr, 2019.

[8] B. J. Park, "Enhanced understanding of electronic circuits using Easy Breadboard System," The 43th National Education Materials Exhibition Practical Education Field Manual, 2012.

[9] D. H. Suh, "A Study on the Effectiveness of the Image Recognition Technique of Augmented Reality Contents," *Cartoon and Animation Studies*, pp.337-356, 2015.

오 도 봉

https://orcid.org/0000-0002-8667-3497
e-mail : dboh@coreonetech.com
2005년 동명대학교 메카트로닉스공학과 (학사)
2010년 안동대학교 정보통신공학과(석사)
2012년 ~ 현 재 금오공과대학교 전자공학부 박사과정
2014년 ~ 현 재 코아원 부설연구소 연구소장
관심분야 : Embedded System, Augmented Reality, IoT

심 승 환

https://orcid.org/0000-0001-7421-7307
e-mail : shshim@coreonetech.com
2016년 경운대학교 전자공학과(학사)
2014년 ~ 현 재 코아원 대표
관심분야 : Edutech, IoT

최 한 고

https://orcid.org/0000-0002-5963-357X
e-mail : hgchoi@kumoh.ac.kr
1979년 경북대학교 전자공학과(학사)
1988년 플로리다대학교 전기전자공학과 (석사)
1992년 플로리다대학교 전기전자공학과 (박사)
1979년 ~ 1986년 국방과학연구소 연구원
2001년 MIT Research Scientist
1993년 ~ 현 재 금오공과대학교 전자공학부 교수
관심분야 : 신호 및 영상처리, DSP 응용, 딥러닝