

# 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에서 성찰일지 내용에 따른 성찰수준 분석

김지선<sup>†</sup> · 류지영<sup>††</sup>

## 요 약

본 연구는 고등학생 대상 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에서 학습자들의 성찰수준을 분석하기 위해, 5차시 HW설계 학습을 실시하고, 차시별 5개 성찰내용에 따른 성찰수준을 분석하였다. 또한 HW설계 학습의 만족도와 필요성을 조사하였다. 차시별 성찰수준 차이 분석 결과, 3차시 D-Flip Flop 학습의 성찰 수준이 1.23점(2점 만점)으로 가장 높았다. 성찰내용 간의 상관관계를 분석한 결과, 학습내용과 과제 해결 방법에서 높은 정적 상관관계( $r=.781, p<.01$ )를, 과제 해결 방법과 다른 해결 방법에서 부적 상관관계( $r=-.615, p<.05$ )를 나타냈다. HW설계 학습 만족도 조사 결과는 4.2점(5점 만점)을 나타냈으며, 대부분의 학생들이 고등학생 대상 HW설계 학습이 필요하고, 현재의 학습내용은 다소 어렵다는 의견이 많았다. 이를 통해 향후 HW설계 학습은 기초-심화로 구성된 콘텐츠와 온·오프라인이 병행된 교육과정 구성이 필요함을 알 수 있었다.

주제어 : HW설계 학습, 시뮬레이션, 성찰일지, 성찰수준

## The Analysis of Reflect Level according to Reflect Journal in HW Design Learning based on Online Simulation

Jiseon Kim<sup>†</sup> · Jiyoung Ryu<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this study, for the purpose of reflection level analysis of high school students in HW design learning which is based on online simulation, we carried out 5 lessons of HW learning and analyzed there reflection levels for 5 individual time of reflection content. The reflection level analysis results for each time of learning shows that the reflection level of the 3<sup>rd</sup> time learning of D-Flip Flop is the highest score with 1.23. The correlation analysis result between the reflection contents presents that high positive correlation between learning content and task resolving method( $r=.781, p<.01$ ), and negative design correlation between task resolving method and alternative resolving method. The HW learning satisfaction survey result shows 4.2, and most of the participant students provided opinions that the HW design learning is required and current learning contents is a bit difficult to follow. We could recognize HW design learning is required to have composition of curriculum with basic and advanced contents, and on-off lines combined.

**Keywords** : HW Design Learning, Simulation, Reflection Journal, Reflection Level

---

<sup>†</sup>정 회 원: KAIST 과학영재교육연구원 선임연구원  
<sup>††</sup>종신회원: KAIST 과학영재교육연구원 연구부교수(교신저자)  
논문접수: 2019년 8월 13일, 심사완료: 2019년 9월 26일, 게재확정: 2019년 9월 27일  
\* 본 논문은 2019년 KAIST 기본연구과제의 지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

IT기술은 4차 산업혁명, 사물인터넷의 도래 및 반도체의 기술 발전으로 모든 시스템은 하나의 초소형 모듈 형태로 집약되고 있다. 이에 따라 시스템을 설계하고 거시적 관점에서 시스템을 접근할 수 있는 HW(Hardware, 하드웨어)설계 관련 교육의 필요성이 대두되고 있다[1]. 피지컬 컴퓨팅 교육의 일환으로 HW교육이 이루어지고 있지만, 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅의 교육에서도 HW 자체 보다는 HW를 조작하는 SW 관련 코딩 중심의 교육으로 대부분 이루어지고 있다. 2015년 교육과정 개정의 정보 교육과정을 살펴보면, ‘컴퓨터 시스템’ 영역이 새로이 개정되어, 컴퓨팅 시스템의 동작 원리를 이해하고 실제로 실습하는 학습이 강조되고 있다[2]. 유병건 외(2016)는 SW 중심교육으로 개정된 2015년 교육과정 역시 SW의 활용을 최대한 하기 위해서는 HW와의 연결이 중요하다고 하였다[1]. 더불어 SW교육의 기본이 되는 HW교육이 반드시 필요함을 강조하면서, 프로그래밍을 다루는 SW교육에서는 컴퓨터의 시스템의 동작과 원리 및 구조를 학습하는 HW의 충분한 이해가 필요하다고 하였다[1].

또한, 시뮬레이션은 정보교육에서 핵심 역량인 컴퓨팅 사고(Computational Thinking)의 한 요소로, 시뮬레이션은 ‘복잡하고 어려운 해결책이나 현실적으로 실행이 불가능한 해결책을 선택하여 모의 실험하는 단계’로 HW교육에 적합하다고 할 수 있다[4][5][6]. 즉, CPU를 직접 제조하고 실험하여 HW를 이해하기에는 현실적으로 어려움이 있기 때문에, 시뮬레이션을 이용하여 학습하는 것이 보다 효과적일 수 있다

따라서, 본 논문에서는 온라인 HW설계 시뮬레이션인 Logisim을 이용하여 HW의 기본 개념을 이해하고, 핵심 소재에 관한 동작들을 시뮬레이션 학습을 통해 실시하였다. 또한 미니 CPU를 직접 설계하여, 기본 시스템의 동작 원리를 간접적으로 체험할 수 있도록 하였다. 교육 후 온라인 시뮬레이션을 통한 HW설계 학습의 효과성을 살펴보기 위해서 ‘성찰일지’ 작성을 적용하였다. 일반적인 학업 성취도 결과 분석도 중요하지만 학습자들이 시뮬레이션을 통한 HW설계 과정에서 체감하는 인지

부담, 성취감, 실패감 등을 분석하기 위해서는 성찰일지 작성을 통한 분석이 적합하기 때문이다. 서정현(2017)은 초등학생 대상 피지컬 컴퓨팅 학습에서 피지컬 학습의 어려움에 대한 지원 방안으로 좋은 교육 자료 제공 외에 성찰과 피드백을 통한 정교한 교수·학습 전략이 필요하다고 하였다[6].

본 연구에 참여한 일반고 고등학생들 역시 기존에 논리회로 교육이나 HW설계 교육 등을 수강한 적이 없는 학생들로 구성되었다. 이에 따라, HW설계에 대한 어려움이 있을 것으로 판단되어, 학습효과에 대한 분석을 성찰일지를 통해 실시하였다.

따라서, 본 논문에서는 고등학생 대상 온라인 기반 시뮬레이션 HW설계 학습에서 학습자들이 작성한 성찰일지를 성찰수준에 따라 분석하였다. 분석 방법은 성찰일지 작성시 5개 영역으로 성찰내용을 작성하였는데, 차시별 성찰내용에 따른 성찰수준의 차이와 5개의 성찰내용 간의 상관관계를 살펴보았다. 또한, 학습자들을 대상으로 HW설계 학습 후에 만족도와 HW설계 학습의 필요성을 조사하여 향후 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습의 확장 가능성을 살펴보았다. 본 연구를 통한 결과들은 향후 고등학생 대상 HW설계 학습 내용 구성 및 교수·학습 설계시 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 HW설계 학습

HW설계 학습은 정규 교육과정에서는 2015년 교육과정의 컴퓨팅 시스템 영역에서 다루고 있다[2]. 컴퓨팅 시스템은 컴퓨팅 시스템의 동작과 원리를 핵심개념, 컴퓨팅 기기의 구성과 동작원리에 대한 학습을 다루고 있으며 <표 1>과 같다[2].

<표 1> 2015년 교육과정 컴퓨팅 시스템 영역

핵심 개념	일반화된 지식	내용 요소
컴퓨팅 시스템의 동작 원리	다양한 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 결합된 컴퓨팅 시스템은 외부로부터 자료를 입력받아 효율적으로 처리하여 출력한다.	컴퓨팅 기기의 구성과 동작 원리
피지컬 컴퓨팅	마이크로컨트롤러와 다양한 입·출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.	센서 기반 프로그램 구현

<표 1>의 2015년 교육과정 컴퓨팅 시스템 영역을 학습하기 위해서는 대부분 논리회로 설계 또는 컴퓨터 시스템의 구성 요소 중심으로 이루어지고 있는 편이다. 본 연구와 관련하여 기존의 연구 내용 중 대학생 대상 HW설계 학습 연구를 제외한 초·중등 대상 HW설계 학습 연구 내용을 살펴보면 <표 2>와 같다.

<표 2> HW 설계학습 관련 선행 연구

연구자	연구대상	연구내용
강선희 (2005) [7]	인문계 고등학교 1학년	컴퓨터 하드웨어 학습을 위한 e-Learning 콘텐츠의 설계 및 구현 - 컴퓨터의 시스템의 구성 요소인 HW, CPU, 기억장치, 입력장치, 출력장치 등 학습 동기 유발을 위해 텍스트와 애니메이션 활용한 e-learning 학습 - 학습참여 향상을 위한 시뮬레이션 형태의 콘텐츠 개발 필요
박은경 (2006) [8]	중학교 1학년	플래시를 활용한 컴퓨터 하드웨어 학습용 웹 코스웨어 설계 및 구현 - 선수, 분시, 후속학습으로 구성 - 컴퓨터의 정의, 컴퓨터 HW의 구성 장치 및 종류, HW 내부구조, 본체 장치 학습을 플래시 활용한 코스 개발 - 교육적 효과 검증 필요
이시영 (2013) [9]	초등과학 영재	논리회로 교육이 초등과학 영재 학생들에게 미치는 영향 분석 - 논리게이트 입출력/counter/door/gate를 FPGA 프로그램을 사용하여 학습 - 학습 과정을 행동관찰 사고에 대해 교사 5단계 형식으로 평가 - 논리회로 교육이 높은 사고력 발달을 보여 체계적인 논리회로 교육 필요
임서영 (2015) [10]	공업계열 특성학교 전자과 2학년	디지털 논리 회로 교육에서의 Blended Learning 교수법의 효과 연구 - 디지털 시스템, 정보표현, 불 대수 영역, 조합 논리 회로, 순서 논리 회로, 논리 소자를 온·오프라인 교육 - 정의적(수업흥미도, 참여도, 집중도)·인지적(학업성취도) 영역에 미치는 효과 및 만족도 결과 분석 - 블렌디드 러닝 교수법이 전통 교수법보다 효과적 - 수준 높은 교육 콘텐츠 개발 필요

<표 2>의 기존 HW설계 학습 연구 결과를 살펴보면, 2000년대는 당시의 연구 동향에 따라 웹 기반 HW학습 코스웨어 개발이 주를 이루고 있으며, 실제적인 HW학습 효과에 대한 연구는 미흡한 편임을 알 수 있다. 한편, 강선희(2005)의 연구에서는 HW설계 학습에서 본 논문에서 실시한 시뮬레이션 형태의 콘텐츠 개발이 필요함을 제시하였다 [7]. 이시영(2013)과 임서영(2015)의 연구 결과를 살펴보면, HW학습 또는 디지털 논리회로 학습 효과를 행동관찰 사고 및 정의적·인지적 요소에 미치는 영향 등을 분석하여 HW설계 학습의 효과성을 검증하였다[9][10]. 특히, 이시영(2013)은 초등학생 과학영재 대상으로 논리회로 학습을 실시하였으며, 논리회로 학습이 초등 과학영재의 높은 사고력 발달에 효과적이라고 하였다[9].

## 2.2 시뮬레이션 기반 HW설계 학습

시뮬레이션 학습은 실제 상황과 비슷한 가상적 상황을 단순화 및 조작하기 쉽도록 학습자들에게 제공하여 해당 학습 주제의 핵심 요소, 개념, 원리, 조작 절차, 변화 과정을 이해하기 쉽도록 실험환경을 제공하는 것이다[11]. 이러한 성격을 가진 컴퓨터 시뮬레이션 학습이 갖고 있는 장점에 대해 류동훈 외(2002)는 다음과 같이 제시하였다[12]. 첫째, 컴퓨터 시뮬레이션 학습은 학습자의 학습 과정을 적극적으로 유도한다고 하였다. 즉, 강한 학습동기를 유발하고 적극적인 학습 참여가 가능하여 학습 효과가 향상된다고 하였다. 둘째, 컴퓨터 시뮬레이션은 복잡한 수준의 사고력 향상을 촉진한다고 하였다. 즉, 복잡한 수준의 사고력 향상은 인지과학적 추론 능력 발달을 도모하고, 과학적 오개념 수정에 효과적이라는 것이다. 셋째, 컴퓨터 시뮬레이션 학습은 한 학습에서 배운 지식이나 기술이 다른 상황에 적용되는 학습 전이를 향상시킨다고 하였다 [12].

이러한 컴퓨터 시뮬레이션 학습을 기반으로 한 기존의 HW설계 학습 연구를 살펴보면 <표 3>과 같다[11]. 연구 결과를 종합하면, 대부분의 연구에서 시뮬레이션 기반 HW설계 학습이 기존의 수업 방식보다는 효과적이었으나 시뮬레이션 프로그램을 다루는 방법에 대한 별도의 교육이 필요함을 알 수

있었다. 한편, 기존의 시뮬레이션 기반 HW설계 학습 연구에서는 성취도 분석이나 추가 학습의 필요성에 초점이 맞춰져 있다. 즉, 시뮬레이션 기반 HW학습에서 학습자 중심의 연구는 미흡한 편임을 알 수 있었다. 이와 같은 기존의 연구 결과를 통해 중등 대상의 HW설계 학습인 경우, HW설계 학습 내용이 학습자들에게 다소 생소하고 어렵게 느낄 수 있기 때문에, 성찰일지 작성과 같은 과정을 통해 학습자들의 학습 상황 및 학습 태도 등을 분석할 필요가 있음을 알 수 있었다.

<표 3> 시뮬레이션 기반 HW학습 선행 연구[11]

연구자	연구주제	연구내용
려수경 (2005) [13]	두리틀을 이용한 '디지털 논리회로' 교수설계 및 교재 개발과 학업성취도 분석	디지털 논리회로의 효과적인 학습을 위한 두리틀을 이용한 코스웨어 설계 - 두리틀 프로그래밍 선행 학습 필요성 제시
홍춘선 (2008) [14]	VHDL을 이용한 디지털 회로 교육 시스템에 관한 연구	VHDL을 이용한 디지털 회로 교육 시스템 도입 방안 - VHDL을 이용하기 위한 프로그래밍 학습 필요성 제시
최승우 (2008) [15]	공업계열 고등학교 '조합논리 회로' 단원에서 시뮬레이션 수업이 학업 성취도에 미치는 효과	공업계열 고등학교 디지털 논리회로 과목 '조합논리 회로' 단원에서 PSpice를 이용한 시뮬레이션 수업이 학업 성취도에 미치는 효과 연구 - 학습자들의 심동적 영역에 효과적 - 시뮬레이션 프로그램 지도 방법 보완 필요
강원미 (2013) [11]	멀티심(Multisim)을 활용한 디지털 논리회로의 교육 효과성 연구	공업계 특성화고 대상 멀티심(Multisim)시뮬레이션을 활용한 디지털 논리회로의 교육이 학습 동기 및 학습효과에 미치는 효과 연구 - 시뮬레이션 수업이 기존 수업보다 효과적 - 개인차를 고려한 다양한 학습 내용 구성 필요 - 시뮬레이션 프로그램 사용 방법 지도 필요

## 2.3 정보교육에서 성찰일지 작성

### 2.3.1 성찰일지의 정의 및 특징

성찰일지는 용어 그대로 학습자들이 자신의 생각을 쓰고 사용하는 노트 또는 종이를 의미하며, 정

해진 형식이 없다는 것이 특징이다[16]. 학습에서 성찰(Reflection)은 학습자들이 학습과정에서 경험하는 것들을 추상적인 개념화로 변화시키는 역할을 한다[16]. 강인애(2009)는 성찰 활동과 관련된 사고를 객관화하고 의식화할 수 있는 방법 중 하나가 '성찰저널' 작성이라고 하였다[17]. 서정현(2017)은 이러한 성찰저널 작성이 학습자의 활동과 사고를 객관화하고 의식화하여 비판적 사고력과 논리적 사고력을 비롯한 자기성찰 능력의 향상에 효과가 있다고 하였다[6]. 또한, 성찰저널에 쓰는 내용은 학습과 관련된 내용과 과정으로 구분하였으며, 강인애(1998)는 성찰 저널의 세부 내용을 <표 4>와 같이 제시하였다[17]. 즉, 성찰내용은 학습자들이 자신이 경험한 학습내용과 학습과정을 되돌아보면서 스스로 개선할 사항들을 질문을 통해 제시하는 것이다[17].

<표 4> 성찰저널의 세부 내용[17]

학습내용	학습과정
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오늘 학습활동을 통해 무엇을 배웠나?</li> <li>• 오늘 팀활동에서 나의 기여도는?</li> <li>• 오늘 탐활동에서 팀원 각각의 기여도는?</li> <li>• 오늘 학습에서 나의 부족한 부분은 무엇이며 어떻게 보강할 것인가?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오늘 학습과정은 어떠했나?</li> <li>• 오늘 학습과정을 통해 무엇을 느꼈나?</li> <li>• 실제 상황에서 오늘과 유사한 활동을 한다면 어떻게 할 것인가?</li> </ul>

### 2.3.2 프로그래밍 학습에서의 성찰일지 작성

정보교육에서의 성찰일지 작성은 주로 프로그래밍 학습에서 많이 이루어지고 있다. 프로그래밍 학습은 학습자들의 고차원적인 사고과정이 요구되고 오류 수정 과정을 통해 논리적 사고 과정이 반복적으로 이루어지기 때문에 학습자들의 학습 과정을 살펴보는 데 효과적이기 때문이다[19]. 서정현(2017)은 프로그래밍 학습에서의 성찰일지 작성 연구를 <표 5>와 같이 정리하였다[6]. 기존의 연구 결과를 살펴보면, 성찰일지 작성 여부에 따른 프로그래밍 학습 성취도 분석, 성찰일지 제공 방식에 따른 학습자들의 논리력 사고력 차이를 분석하였다. 이를 통해 프로그래밍 학습을 포함한 정보교육에서 성찰일지 작성은 학습에 효과적이고 이를 보다 발전시

킬 필요가 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 학습자들이 작성한 성찰일지 내용 분석을 통해 성찰수준을 파악하고, 나아가 학습자 중심의 교육이 이루어질 수 있도록 학습 내용 개발 및 교수·학습 전략을 설계해야 한다.

<표 5> 프로그래밍 학습에서의 성찰 연구[6]

연구자	연구내용
김용천, 김자미, 이원규(2005) [18]	초등학생 대상의 프로그래밍 학습에서 성찰활동을 실시한 집단이 그러지 않은 집단에 비해 프로젝트 수행 능력과 완성도 향상에 효과
김지선, 김영식 (2015) [19]	정보영재를 대상으로 한 온라인 프로그래밍 학습에서 구조화된 성찰일지 작성이 프로그래밍 학습 성취도 향상에 효과
서정현, 김영식 (2016) [20]	초등학생 대상의 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 학습 과정에서 구조화된 성찰저널을 적용한 결과 비구조화된 성찰저널을 적용한 집단에 비해 논리적 사고력 향상에 효과

### 3. 연구방법 및 절차

본 논문에서는 기존의 선행 연구와 연구목적들을 통해 고등학생 대상 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습 5차시를 개발하였다. 특히 온라인 시뮬레이션은 온라인 Logisim 시뮬레이터를 사용하였다. 5차시마다 학습 후에 성찰일지를 작성하여 HW설계 학습에 참여한 학습자들의 성찰수준 차이를 분석하였다. 이를 통해 보다 효과적인 고등학생 대상 온라인 시뮬레이션 기반의 HW설계 학습 내용 구성 및 교수·학습 설계에 대한 가이드를 제시하고자 하였다.

#### 3.1 연구 문제

본 논문에서 분석하고자 하는 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습의 학습자들의 성찰수준을 분석하기 위한 연구 문제는 다음과 같다.

(연구문제 1) 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에서 성찰내용에 따른 학습자들의 성찰수준 차이는 어떠한가?

(연구문제 2) 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계

학습에서 성찰내용 간의 상관관계는 어떠한가?  
(연구문제 3) 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에 대한 학습자들의 만족도 및 필요성에 대한 인식은 어떠한가?

#### 3.2 연구 대상

본 연구는 K대학교에서 실시한 고등학생 대상 ‘온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습’ 강좌를 수강한 T고등학교 1학년 남학생 12명을 대상으로 실시하였다.

#### 3.3 연구 방법

##### 3.3.1 학습내용 구성

본 연구에서는 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에서 성찰내용에 따른 학습자들의 성찰수준의 차이를 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해, 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습을 <표 6>과 같이 5차시로 구성하고 탐구과제 및 성찰일지 작성을 제시하였다.

<표 6> 5차시 학습 내용 및 탐구과제 내용

차시	학습내용	탐구과제
1	디지털 회로의 개념 이해 및 Logisim 설치하기 - 논리게이트 동작 이해 - 반가산기 구현 - Logisim 설치 및 활용	2개의 1bit 입력 A, B에 대해 $A > B$ , $A = B$ 를 수행하는 회로를 각각 Logisim으로 구현하기
2	Logisim을 이용하여 이진수 덧셈기 만들기 - 전가산기 구현 - 라이브러리 이용 - 4비트 덧셈기 구현	반가산기를 이용해 전가산기를 Logisim으로 설계하기
3	HW 주요 메모리 소자 이해하기 - D 플립플롭 동작 이해 - D 플립플롭 구조 이해 - 레지스터 구현	입력을 순차로 전달하는 4bit shift register를 Logisim으로 설계하기
4	1부터 7까지 증가하는 업카운터 만들기 - 상태값이 변하는 디지털 회로 구현 - 상태 천이도 작성	동기식 4bit 업카운터를 Logisim으로 설계하기
5	나만의 미니 CPU 만들기(자판기 설계) - 입출력 디지털 회로 구현 - 상태 천이도 작성 - 카르노 맵 이용	나만의 자판기를 Logisim으로 설계하기

1차시에는 디지털 회로에 대한 전반적인 개념에 대한 이해와 더불어 시뮬레이터인 Logisim을 설치하고 사용방법을 익힐 수 있도록 하였다. 2차시에는 Logisim과 1차시에 학습내용에 더하여 전가산기를 구현하고 이를 Logisim으로 설계하는 탐구과제를 수행하였다. 3차시에는 주요 메모리 소자인 D 플립플롭(D-Flip Flop)에 대해 자세히 학습하고 이를 실습할 수 있는 4bit Shift 레지스터를 Logisim으로 설계하였다. 4차시에는 상태 천이도 관련해 업카운터를 5차시에는 1~4차시까지 학습한 내용을 활용하여 나만의 미니 자판기 CPU 만들기를 Logisim으로 설계하였다.

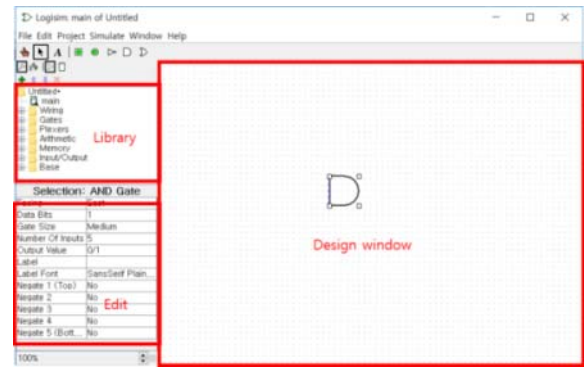
본 연구에서 분석할 성찰수준 분석은 매차시마다 제시된 과제를 수행하면서 성찰일지를 통해 수행되었다. 성찰일지는 강인애(1998)의 성찰내용을 중심으로 학습내용과 학습과정에 대해 본 연구의 목적과 상황에 맞게 총 5개를 작성하도록 하였다[17]. 성찰일지 내용은 첫째, 해당 차시에서 학습내용, 둘째, 과제를 해결하기 위한 접근 방법, 셋째, 자신의 생활에 적용할 수 있는 방법, 넷째, 해당 과제를 수행하면서 성공한 점과 실패한 점, 다섯째, 해당 과제를 수행할 수 있는 다른 방법을 제시하였다. 이상의 성찰내용은 <표 7>과 같다.

<표 7> 성찰일지 내용

	성찰내용	영역
1	이번 차시에서 학습한 내용은 무엇인가?	학습내용
2	이번 차시의 탐구과제를 해결하기 위한 접근 방법은 무엇인가?	학습과정
3	과제를 통해 배운 것을 생활에 적용할 수 있는 방법은?	학습과정
4	과제를 수행시 성공한 요인과 실패한 요인은 무엇인가?	학습내용
5	과제를 수행하기 위한 다른 방법은 무엇인가?	학습과정

또한, 본 연구에 활용된 시뮬레이터인 Logisim은 디지털 논리회로 시뮬레이터로 무료로 배포되어 자유롭게 사용할 수 있다. Logisim을 설치한 후 실행한 첫 화면은 [그림 1]과 같으며, 크게 3개 영역으로 Design window, Library, Edit로 구성되어 있다. Design window은 실제 디지털 회로를 설계하는 창이며, Library는 설계에 필요한 소자들

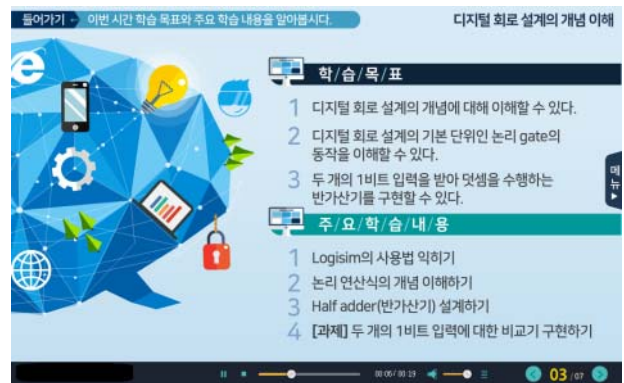
을 가지고 있고, Edit는 Library에 있는 소자들의 특성을 편집할 수 있다.



[그림 1] Logisim 메인 화면

### 3.3.2 연구 방법

본 연구의 온라인 교육은 총 5주간으로 클래스팅(Classting) 온라인 교육 플랫폼을 활용하여 인터넷과 모바일 환경에서 진행하였다. 온라인 학습은 음성 강의를 제공하는 e-book 형태의 콘텐츠가 [그림 2]와 같이 제공되었다.



[그림 2] 온라인 교육 콘텐츠(e-book)

이러한 온라인 교육을 통해 연구는 ‘온라인 학습 및 성찰일지 작성’, ‘과제 채점 및 피드백’, ‘성찰일지 분석’으로 3단계로 진행하였다. 먼저, 매 차시마다 주제에 해당하는 e-book 콘텐츠와 탐구과제를 통해 온라인 학습이 진행되었다. 연구에 참여한 학생들은 주어진 탐구과제를 수행하고, 성찰일지를 작성한 후에 제출하였다. 제출된 탐구과제는 채점과 피드백이 다시 학생들에게 제공되었다.

본 연구의 연구문제에 해당되는 성찰일지 분석은

성찰수준에 따라 분석되었으며, 성찰수준은 성찰일지를 작성한 학습자들의 성찰내용의 성찰 정도로 Kember 외(1999)가 제시한 성찰의 3단계를 통해 분석하였다[21]. 성찰 단계는 <표 8>과 같이 ‘비성찰(Non-Reflection)’, ‘성찰(Reflection)’, ‘비판적 성찰(Critical Reflection)’ 3개 수준으로 구분하였다[22].

3개의 성찰수준에 대한 점수는 비성찰은 0점, 성찰은 1점, 비판적 성찰은 2점으로 하여 12명 학생의 성찰내용 총 263개를 분석하였다. 이를 통해, 차시에 따른 성찰내용의 성찰수준 차이와 변화 및 성찰내용간의 상관관계를 분석하였다.

<표 8> 성찰일지 분석을 위한 성찰수준[22]

성찰수준	점수	학습자 특성
비성찰 (Non-Reflection)	0점	배운 것을 정리해서 기록하는 수준 받아들인 지식을 평가하는 행동이 결여되어 있는 수준
성찰 (Reflection)	1점	자신의 인식과 감정을 바라볼 수 있는 수준 자신이 어떻게 인식하고 느끼는지 사고의 과정 평가 가능
비판적 성찰 (Critical Reflection)	2점	자신이 기존에 가지고 있는 도식(schema)과 새로이 시도해 볼 방식의 차이를 인식하고 계획 가능한 수준

또한, 학습 종료 후 연구 참여자들을 대상으로 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에 대한 만족도 및 HW설계 학습의 필요성을 조사하고 그 결과를 분석하였다.

### 3.3.3 자료 분석

성찰내용에 따른 성찰수준 차이 분석은 평균 분석을 사용하였고, HW설계 학습에 대한 인식조사는 빈도 분석을 사용하였다. 성찰내용 간의 상관관계 분석은 Pearson R계수를 통해 분석하였다.

## 4. 연구 결과

연구 결과는 본 연구에서 제시한 연구 문제 1~3번을 중심으로 연구 결과를 분석하였다.

### 4.1 성찰내용에 따른 성찰수준 차이 결과

먼저, 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습의 차시별 성찰내용 총 263개에 대해 성찰수준 점수를 부여하고, 차시별 성찰수준 점수의 평균 차이를 분석하였다. 이를 통해 성찰내용에 따른 성찰수준 차이를 <표 9>와 같이 분석하였다. 분석 결과, 5개의 성찰내용 중 4번째 성찰내용에 해당하는 ‘과제를 수행하면서 성공한 요인과 실패한 요인’의 성찰수준이 평균 1.23점(2점 만점)으로 가장 높았다. 한편, 5번째에 성찰내용에 해당하는 ‘본 과제에서 제시한 해결 방법 외의 다른 해결 방법’에 대한 성찰수준은 0.60점으로 가장 낮았다. 또한, 차시별로 성찰수준의 차이를 살펴보면, 3차시 ‘HW 주요 메모리 소자 이해하기인 D-플립플롭 구현’에 대한 성찰수준 1.18점으로 가장 높았으며, 4차시에 다시 낮아지는 경향을 보였다. 가장 낮은 성찰수준을 보인 차시는 1차시(0.92점)로 처음 접하는 HW설계에 대한 어려움에서 비롯된 것으로 여겨진다.

<표 9> 성찰내용에 따른 성찰수준 차이 결과

차시	성찰내용에 따른 성찰수준(N=263)					전체
	학습한 내용	과제 해결방법	생활 적용방법	성공/실패 요인	다른 해결 방법	
1차시	0.82	1.00	1.00	1.00	0.83	0.92
2차시	1.00	1.17	1.00	1.08	0.50	0.95
3차시	1.42	1.33	1.33	1.25	0.67	1.18
4차시	1.00	1.17	0.67	1.25	0.58	0.93
5차시	1.25	1.25	1.00	1.58	0.42	1.10
전체	1.10	1.18	1.00	1.23	0.60	1.02

이와 같은 결과를 통해, 학습자들은 자신이 실제 과제를 수행하면서 체험한 과제 수행 결과(성공/실패)에 대해 성찰일지를 작성할 때 가장 성찰수준이 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 3차시의 성찰수준이 다른 차시보다 높은 것은 학습내용이 일상 생활에서 자주 접하는 컴퓨터 CPU 속도와 관련된 학습 내용으로 클럭(clock)과 논리회로가 병렬처리

되는 현상을 통해 CPU를 보다 한 차원 높게 이해하게 된 결과로 예측된다. 본 연구에서 학생들이 직접 작성한 성찰일지 내용 예시를 살펴보면 <표 10>과 같다.

<표 10> 성찰내용별 성찰일지 예시

성찰내용	성찰일지 예시
학습한 내용	“디지털 시스템이 동기회로로 구현되는 이유, 저장능력을 갖춘 좀 더 복잡한 회로를 설계하는 방법과 D 플립플롭의 동작 이해, 구조의 이해, 저장장치 만들기를 알게되었다.”
탐구과제 해결 방법	“ $c=ab'+a'b'+ab'$ 가 성립하는 $ab'$ 과 $o>=b$ 가 성립하는 $a'b'$ 와 $ab'$ 와 $ab$ 를 더해 주는 데 그 과정에서 $b'$ 로 묶어 $b'(a+a')$ 를 만들고 $a$ 로 묶어 $a(b'+b)$ 를 만들어 보수 법칙을 이용하여 $a+b'=c$ 가 된다.”  “A B가 $A>B$ , $A=B$ 를 만족하는 결과들을 찾아 식으로 나타내고 그 식을 간단하게 묶어서 or gate로 표현을 해봤다.”
생활 적용 방법	“SW에는 정말 다양한 활동이 있다는 것을 깨달았고, 앞으로도 더 연습해서 학교에서 직접 전시회랑 연계해서 보이기도 하고, 대학에서도 잘 적용할 수 있을 것 같다.”  “자판기 설계회로도들 알려 달라하면 이렇게 Logisim으로 보여줄 수 있다.”
성공/실패 요인	“작동이 되지 않아 당황스러웠지만 강의를 통해 잘못된 부분이 무엇인지 깨닫고 다시 시작하면서 개념도 깨닫고, 작동도 잘 되었다.”  “비록 D 플립플롭의 기본 구조를 이해하고 기본동작을 이해하더라도 어떻게 연결시켜야할지 구상이 떠오르지 않았던 것이 실패 요인이고, 복잡한 회로 속에 잘못된 연결이 실패요인이었고 이러한 문제점을 해결한 것이 성공요인인 것 같다.”
다른 해결 방법	“모르는 부분은 강의나 자료를 참고하여 해결하고, 일일이 다 해보거나, 처음부터 다시 해보거나, 다른 방법으로도 실행해본다.”  “계산을 다 해보거나 확률을 계산하는 등 방법은 많은 것 같다.”

#### 4.2 성찰내용간의 상관관계 결과

성찰일지 내용은 정해진 것이 아니므로, 교육 내용과 목적에 따라 달라져야 한다. HW설계 학습에 있어 향후 성찰일지 내용 구성에 활용하고자 5개

의 성찰내용의 성찰수준을 종합하여 성찰내용간의 상관관계를 Pearson의 R계수를 활용하여 분석하였다. 성찰내용간 상관관계 분석 결과는 <표 11>과 같다. 분석 결과, ‘학습한 내용’과 ‘과제 해결 방법’ 성찰수준에서 높은 정적 상관관계( $r=.781$ ,  $p<.01$ )를 나타냈으며, 생활 적용 방법과 과제 해결 방법 중 다른 해결 방법에 대한 상관관계도 비교적 높은 정적 상관관계( $r=.611$ ,  $p<.05$ )를 나타냈다. 한편, 과제 해결 방법과 다른 해결 방법은 부적 상관관계( $r=-.615$ ,  $p<.05$ )를 나타냈다. 이와 같은 결과를 통해 성찰일지 내용 구성시 지나치게 상반된 내용을 작성하게 하는 성찰내용은 집중을 떨어뜨려 전체적으로 성찰일지 내용 수준이 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

<표 11> 성찰내용간 성찰수준 상관관계

상관계수	학습한 내용	과제 해결 방법	생활 적용 방법	성공/실패 요인	다른 해결 방법
학습한 내용	1				
과제 해결 방법	.781**	1			
생활 적용 방법	.000	-.176	1		
성공/실패 요인	-.031	.331	-.309	1	
다른 해결 방법	-.495	-.615*	.611*	-.027	1

\* $P < .05$ , \*\* $P < .01$

#### 4.3 HW설계 학습에 대한 인식 조사

본 학습에 참여한 학습자들을 대상으로 학습 후 HW설계 학습에 대한 인식 조사를 실시하였으며, 총 10명이 설문에 응답하였다. 설문 문항은 전반적인 HW설계 학습 만족도, 고등학생 대상 HW설계 학습이 필요성과 그 이유, 본 학습에서 아쉬웠던 점으로 하였다.

첫째, 전반적인 HW설계 학습에 대한 만족도 조사결과는 5점 만점에 평균 4.2점(표준편차 0.6점)으로 비교적 높은 만족도를 보였다. 둘째, 고등학생 대상 HW설계 학습의 필요성 질문에 대한 응답으로는 ‘매우 필요하다’가 3명(30%), ‘필요하다’가 6명(60%), ‘필요하지 않다’가 1명(10%)의 빈도를 보였다. 고등학생 대상 HW설계 학습이 필요한 이



유로 다음과 같은 이유를 들었다.

- 사고력 향상
- HW 교육을 통해 컴퓨터에 대해 이해가 더 넓어졌기 때문
- 미래에 사용 될 수도 있기 때문에
- 컴퓨터에 관심이 많거나 좋아하는 사람들을 위해서라도 HW 교육을 해야한다고 생각하기 때문에
- 컴퓨터의 기본인 HW를 손쉽게 접근하게 해주기 때문에
- AI의 시대, 기계를 다루고, 살아남기 위해서는 이런 교육이 필요하기 때문에
- HW교육을 통해 컴퓨터에 대한 이해가 넓어졌기 때문에
- 학생들도 HW 교육을 들을 가치가 있기 때문에
- 논리회로나 수학적인 내용이 들어가 있어서 좋기 때문

반면에, 교육이 필요하지 않다고 한 이유로는 다음과 같았다.

- 대부분 이해가 안가는 부분이 많아서 아이들이 하기 어렵기 때문이다.

셋째로, 본 HW설계 학습에 대한 아쉬운 점에 대해 중복 선택을 통해 조사한 결과, ‘교육 내용이 어려워서 이해하는데 힘들었다’라는 의견이 9명 (52.9%)으로 가장 높은 빈도를 보였으며, 그 외 ‘과제가 어려웠다’가 2명, ‘시뮬레이션을 다루는데 어렵다’ 등이 2명으로 나타났다.

<표 12> HW설계 학습에 대한 아쉬운 점

설문문항	N=17	
	빈도	비율
교육 내용이 어려워서 이해하는데 힘들었다	9	52.9%
과제가 어려웠다	2	11.8%
성찰저널을 작성하는 것이 부담스러웠다	2	11.8%
시뮬레이터를 다루는데 어려움이 있었다	2	11.8%
5차시 학습 내용으로는 HW설계를 배우는데 다소 부족하였다	2	11.8%

인식조사 결과를 통해, HW설계 학습 내용의 난이도를 고등학생 수준에 맞게 조절하고 보다 다양한 학습자료 제공이 필요함을 알 수 있었다. 또한, 전반적인 학습 만족도의 경우, 시뮬레이션 기반 온라인 HW 설계 학습에 대한 만족도로 향후 성찰일지 작성을 통한 HW 설계 학습의 만족도를 조사할 필요함을 확인할 수 있었다.

### 5. 결론 및 제언

본 연구는 고등학생 대상 온라인 시뮬레이션 기반 HW설계 학습에서 학습자들의 성찰일지 내용에 따른 성찰수준 차이와 HW설계 학습에 대한 인식 결과를 통해 향후 고등학생 대상 HW설계 교수·학습 방법에 대한 기초자료로 활용하는데 목적이 있다. 이를 위해, 5차시 온라인 시뮬레이터를 이용한 HW설계 학습을 실시하고 과제 수행시 성찰일지를 작성하도록 하였다. 학습 후에는 만족도 조사와 더불어 고등학생을 대상으로 한 HW설계 학습의 필요성과 본 HW설계 학습의 아쉬웠던 점을 조사하였다. 연구 결과, 성찰수준 차이 분석은 학생들이 과제 제출시 작성한 성찰내용 5개에 따른 성찰일지 총 263개를 성찰수준에 따라 0점~2점을 부여하여 차시에 따른 성찰수준 변화와 차이를 평균 분석과 상관관계수 R을 통해 분석하였다. 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 차시별 성찰내용 5개에 따른 성찰수준 차이는 탐구과제를 수행하면서 성공한 요인과 실패한 요인의 성찰내용에 대한 성찰수준이 평균 1.23점(2점 만점)으로 가장 높고, 다른 해결 방법에 대한 성찰수준은 0.60점으로 가장 낮았다. 이를 통해, 학습자들은 학습과 탐구과제 수행시 자신이 직접 경험한 내용과 과정에 대해 성찰일지를 작성할 때, 성찰 수준이 높은 것을 알 수 있었다.

둘째, 성찰수준 점수를 부여한 성찰내용별 상관관계를 조사한 결과, 학습내용과 과제 해결 방법 내용이 높은 정적 상관관계( $r=.781, p<.01$ )를 나타냈다. 과제 해결 방법과 다른 과제 해결 방법에 대한 상관관계를 부적 상관관계( $r=-.615, p<.05$ )를 나타냈다. 이를 통해, 성찰일지에서 다소 많은 성찰내용 구성이나 상반된 성찰내용은 성찰에 집중을 떨어뜨려 전체적으로 성찰수준이 낮아지는 것을 확

인할 수 있었다. 실제로 몇몇 학생들은 인식조사에서 성찰일지 작성에 대한 부담감이 있는 것을 보였다.

셋째, HW설계 학습의 만족도 및 필요성 조사 결과, 5점 만점의 평균 4.20점을 보여 전반적으로 만족함을 알 수 있었고, 고등학생 HW설계 학습의 필요성에 대해서는 90%가 필요하다고 하였다. 또한, 아쉬웠던 점으로는 50% 이상이 교육 내용이 어려워 이해하는데 힘들었다고 하였다.

이상의 연구 결과를 통해 고등학생 대상 HW설계 내용 구성과 교수·학습 방법 및 향후 연구에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 일반 고등학교의 학생들의 경우 HW설계 학습이 다소 낯설기 때문에 체감적으로 학습내용을 어렵게 느끼고 있음을 알 수 있었다. 이를 개선하기 위해, HW설계 학습내용을 현재 교육과정과 연계하여 수준별 학습내용 구성이 필요하다. 즉, 본 연구에서는 5차시로 구성하였는데, 교육 대상이 고등학생 대상임을 감안하여, 10차시 정도로 구성하여 기초-심화 과정으로 난이도를 구분하여 학습자 맞춤형으로 제공할 필요가 있다.

둘째, 성찰일지 작성을 통해 학습자들이 어느 부분에서 가장 어려워하고, 흥미롭게 학습하는지를 모니터링 할 필요가 있다. 온라인 교육을 통한 정보 교육의 특성상 문제해결과정을 직접 확인하기 어렵기 때문에 개별 학습자들의 심리·정서적 측면을 적용한 학습구성이 중요하기 때문이다. 또한, 성찰일지 내용 구성은 3개 정도로 구성하여 성찰일지 작성 자체에 대한 부담감을 줄이는 것이 중요하다. 즉, 핵심적인 성찰일지 작성 및 성찰일지를 통해 학습자 맞춤형 피드백 제공이 이루어져야 한다. 또한, 다양한 교육자료를 제공하여 학습자들의 인지부담을 최소화할 수 있도록 지원해야 한다.

셋째, 학습자들이 단순히 HW 이해 및 시뮬레이션 실습 수준을 넘어선 교육 운영이 필요하다. 즉 학습 내용이 실생활과 연관된 주제로 구성되고, 창의적 문제해결력 향상을 위한, 자신만의 컴퓨팅 시스템 설계로 온라인과 오프라인을 병행한 학습으로 이루어져야 한다. 또한 SW교육과 연계하여 시뮬레이션 결과에 코딩을 접목시켜 SW와 HW를 하나의 시스템으로 이해하고 접근할 수 있는 교육으로 발전시켜야 한다.

마지막으로 본 연구에서 12명의 적은 수의 학습자들이 참여하였는데 향후 연구에서는 더 많은 학습자들을 대상으로 다양한 학생 변인별 및 HW설계 학습의 경험 유무 등에 따른 HW설계 학습의 효과성 분석이 이루어져야 한다. 세부적인 효과성 분석을 위해 참여 학생들의 심층 인터뷰를 실시하고 결과를 분석하여 보다 구체적이고 실제적인 HW설계 교수·학습 전략에 대한 연구가 수행되어야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 유병건·김자미·이원규 (2016). 2015 개정 교육과정의 컴퓨팅 시스템 단원의 집필에 대한 시사점. *컴퓨터교육학회논문지*. 19(2), 31-40.
- [2] 교육부 제 2015-74호 [별책1] (2015). 초·중등 학교 교육과정 총론. *교육부*.
- [3] CSTA (2017). *K-12 Computer Science Standards, Revised 2017*. Computer Science Teachers Association.
- [4] Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the Association for Computing Machinery*. 19(3), 33-35.
- [5] 미래창조과학부 (2015). *정보문화포럼 2015년 연구보고서*. 서울: 미래창조과학부.
- [6] 서정현 (2017). *문제중심학습에서 구조화된 성찰저널과 피드백을 적용한 피지컬 컴퓨팅 활용 프로그래밍 교수·학습 전략 개발 및 적용*. 박사학위 논문. 한국교원대학교.
- [7] 강선희 (2005). *컴퓨터 하드웨어 학습을 위한 e-Learning 콘텐츠의 설계 및 구현*. 석사학위 논문. 아주대학교.
- [8] 박은경 (2006). *플래시를 활용한 컴퓨터 하드웨어 학습용 웹 코스웨어 설계 및 구현*. 석사학위 논문. 단국대학교.
- [9] 이시영 (2013). *논리회로교육이 초등과학 영재 학생들에게 미치는 영향*. 석사학위 논문. 경인교육대학교.
- [10] 임서영 (2015). *디지털 논리 회로 교육에서의 Blended Learning 교수법의 효과성 연구*. 석사학위 논문. 한양대학교.
- [11] 강원미 (2013). *멀티심(Multisim)을 활용한 디*

지텔 논리회로의 교육 효과성 연구. 석사학위 논문. 한양대학교.

- [12] 류동훈·이승재 (2002). **실기교육총론**. 서울: 창지사.
- [13] 려수경 (2005). **두리틀을 이용한 ‘디지털 논리 회로’ 교수설계 및 교재개발과 학업 성취도 분석**. 석사학위 논문. 고려대학교.
- [14] 홍춘선 (2008). **VHDL을 이용한 디지털 회로 교육 시스템에 관한 연구**. 석사학위 논문. 강원대학교.
- [15] 최승우 (2008). **공업계열 고등학교 ‘조합 논리 회로’ 단원에서 시뮬레이션 수업이 학업 성취도에 미치는 효과**. 석사학위 논문. 한국교원대학교
- [16] 박혜원 (2009). **영어 성찰 저널 쓰기를 통한 중학교 학생들의 성찰 능력과 학습전략에 관한 변화**. 석사학위 논문. 한국외국어대학교.
- [17] 강인애 (1998). **PBL과 성찰저널: 삼성전자의 변화 유도형 리더십 개발을 위한 팀리더 과정 사례, 산업교육연구**. 11(4), 3-28
- [18] 김용천·김자미·이원규 (2005). **초등학생의 프로그래밍 학습에서 활동지를 사용한 성찰에 대한 사례 연구. 정보교육학회논문지**. 16(1), 21-31.
- [19] 김지선·김영식 (2015). **성찰일지를 적용한 온라인 프로그래밍 학습에서 성찰일지 작성이 성취도에 미치는 영향 분석, 교원교육**. 13(S), 115-132.
- [20] 서정현·김영식 (2016). **성찰일지를 활용한 PBL 기반 초등학교 프로그래밍 교육 교수·학습 전략 개발 및 적용. 정보교육학회논문지**. 20(5), 465-474.
- [21] Kember, D. , Jones, A. , Loke, A. , McKay, J. , Sinclair, K. , Tse, H. , Webb, C. , Wong, F. , Wong, M. , Yeung, E. (1999). **Determining the level of reflective thinking from students' written journals using a coding scheme based on the work of Mezirow. International Journal of Lifelong Education**. 18(1), 18-30.
- [22] 김영하 (2012). **대화식 성찰 저널쓰기가 자기 주도 학습과 영어 쓰기 능력에 미치는 영향**. 석사학위 논문. 한국외국어대학교.

## 김 지 선



2001 한밭대학교  
컴퓨터공학과(공학사)  
2003 충북대학교  
컴퓨터학과(이학석사)  
2016 한국교원대학교 정보영재교육(교육학박사)  
2002~2009 ICU IT영재교육원 연구원  
2009~현재 KAIST 과학영재교육연구원 선임연구원  
관심분야: 정보영재, 온라인 교육, HW 설계 학습  
E-Mail: jskim315@kaist.ac.kr



## 류 지 영

1990 부산대학교  
교육학과(교육학박사)  
1995 하버드대학교 교육심리학과  
(교육학석사)  
1995 ~ 2004 콜롬비아대학교 교육과정학과  
영재교육전공(교육학박사)  
2005~2008 ICU IT영재교육원 연구교수  
2007~2009 터프츠대학교 방문연구원  
2009~현재 KAIST 과학영재교육연구원 연구부교수  
관심분야: 영재교육, 소외계층 영재, 영재심리적응  
E-Mail: jryu01@kaist.ac.kr