

# Development and Application of CT-SPI Model for Improving Computational Thinking for Elementary School Students

Young-Hoon Sung \*

## Abstract

In this paper, we propose a CT-SPI Model based on a physical computing for improving Computational Thinking(CT) for elementary students. This study analyzes the results obtained from applying the CT-SPI model to fourth-grade class. The model is designed to embrace the learning activities and CT elements for three different stages: System thinking, Prototyping and Interaction. For providing curriculum with CT-SPI model, physical SW educational module is developed, so that learners could focus on internalizing CT. The study results indicate that a learning satisfaction and a degree of learner interest improve significantly. Comprehensive CT capability assessment results in three levels show that the capability in lowest level (score is below 4 out of 10) has decreased by 46.6% but capability in highest level (over 7 out of 10) has increased by 20%

▶ Keyword : Computational Thinking, Physical Computing, SW Education, Arduino

## I. Introduction

디지털 시대와 SW중심사회로의 변화에 따라 사용자는 보다 쉽게 정보에 접근할 수 있게 되었다. 넘쳐나는 정보속에서 필요한 정보를 선택적으로 선별할 수 있는 비판적 사고력과 수집된 정보를 창의적으로 활용할 수 있는 창의성 및 수집한 정보를 유용한 정보로 만들기 위한 문제해결능력, 의사소통능력 등과 같은 고등사고능력이 필요하게 되었다[1]

외국에서는 학생들의 이러한 고등사고능력을 향상시킬 수 있는 방법 중의 하나로 컴퓨터 교육분야에서 SW 기초개념과 간단한 알고리즘 이해, 코딩을 통한 논리적 추론 학습활동, 컴퓨팅 사고를 기반으로 한 소프트웨어 교육과정을 구성하여 운영하고 있다. 최근 정부에서도 이러한 시대 변화적 측면에 대응하기 위해 단순한 소프트웨어 활용 중심인 ICT 활용 교육과정에서 전환하여 소프트웨어 교육을 강화하는 2015년 교육과정 개정안을 마련하였다. 개정되는 초등학교 실과교과와 내용을 살펴보면 소프트웨어 기초 소양 중심의 대단원으로 구성하여 컴퓨팅 사고(Computational Thinking, 이하 CT)를 기반으로 알고리즘과 프로그래밍을 통한 실생활의 문제를 해결하는 내용을 담고 있다[2].

특히 Wing(2006)의 연구에서 컴퓨팅 사고(CT)는 인간이 문

제를 해결하기 위한 방법으로써 컴퓨터과학 뿐만 아니라 폭넓은 분야에 적용하기에 적합한 로직, 알고리즘 사고, 귀납적 사고, 요약하기, 병행사고, 패턴찾기 등과 관련된 고등사고과정을 포함하고 있는 능력이라고 하였다. CT는 미래사회에 필요한 핵심역량이자 SW 교육을 위한 기본 능력으로 그 중요성이 강조되고 있으며 이에 대한 연구 및 CT 능력을 향상하기 위한 교육방법에 대한 연구도 활발히 진행되기 시작하였다[3].

특히 CT는 컴퓨터 과학의 기본원리에 근간을 두고 있으며, 컴퓨터 개념과 원리가 반영된 프로그래밍 교육은 CT 함양에 효과적이라고 할 수 있다. 이러한 프로그래밍의 중요성에 대한 인식이 커짐에 따라 선진국을 비롯한 다양한 국가에서 정규교육과정에 포함하거나 여러가지 프로그래밍 교육과정으로 제공하고 있다[4].

그러나 학교현장에서 초보자를 대상으로 한 프로그래밍 교육은 단순히 제시된 문제를 해결하기 위해 따라하기식 과정을 답습하는 형태로 이루어지는 경우가 많고, 학습자들은 교육과정에서 제공하는 프로그래밍에 대한 결과 확인과정, 알고리즘 학습 등에서 어려움을 호소하는 경우가 많은 실정이다[5]. 또한 초등학교에서 SW 교육을 실시하는 교사의 경우 프로그래밍에 능숙하지 못하거나 비전문가일 경우가 많아 교육활동을 원

• First Author: Young-Hoon Sung, Corresponding Author: Young-Hoon Sung

\*Young-Hoon Sung(yhsung@cue.ac.kr), Dept. of Computer Education, Chinju National University of Education

• Received: 2015. 12. 03, Revised: 2015. 12. 22, Accepted: 2015. 01. 06.

활하게 진행하기 어려운 점이 많이 있다.

이러한 점을 고려하여 교사와 학생들이 쉽게 배우고 접근할 수 있도록 스크래치, Code.org, 엔트리 등과 같은 블럭형 프로그래밍 교육방식과 아두이노, 라즈베리파이, 킬리패드와 같은 피지컬 컴퓨팅 플랫폼에서 스케치(Sketch), S4A(Scratch for Arduino) 등과 같은 프로그래밍 도구를 결합하여 컴퓨터와 실세계를 연결할 수 있는 교육방법도 제공하고 있다.

특히 피지컬 컴퓨팅 플랫폼인 아두이노는 오픈소스 하드웨어로서 간단한 전기전자 지식만으로도 아두이노 보드에 다양한 디지털, 아날로그형태의 센서를 연결하고 프로그래밍하여 학습자가 즉각적으로 확인할 수 있다는 장점을 가지고 있어 2005년에 발표된 이후 학교급별의 구분없이 학생에서 일반인들까지 많은 관심을 받고 있다. 또한 공개된 S4A, 아두블러, 스케치 등의 소스프로그램 등을 참조하여 아두이노 보드와 다양한 센서들을 연결한 데이터 입출력 제어 프로그래밍을 통해 컴퓨터에 비전공인 교사들뿐만 아니라 초등학생들도 쉽고 재미있게 참여할 수 있어 최근 이에 관한 연구들이 증가하고 있다[6].

반면, 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육은 실세계와 연결하기 위한 센서의 구성, 프로토타입 설계와 제작과정에서 피지컬 컴퓨팅의 한 형태인 로봇활용교육과 비슷한 점을 가지고 있다. 로봇을 활용한 프로그래밍 교육에서 학생들은 컴퓨터 과학의 기반개념과 원리를 통한 문제해결 보다 물리적인 로봇을 만드는데 더 많은 시간과 노력을 투자하게 되어 이러한 과정에서 프로그래밍 학습자체의 몰입을 방해하는 문제점을 가지고 있다. 아두이노 역시 이러한 프로토타입 제작과정을 가지고 있어 이를 해결하기 위한 교육적 개선이 필요하다[7].

본 연구에서는 컴퓨팅 사고(CT) 함양을 위해 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육을 연구하였으며 이에 대한 절차는 첫째, CT 함양과 피지컬 컴퓨팅을 통한 프로그래밍 교육의 가능성에 대한 관련연구 자료를 분석하였다. 둘째, 도출된 CT 주요요소를 피지컬 컴퓨팅과 연관지어 프로그래밍 교육모델을 설계하였으며, 이를 지원할 수 있는 피지컬 SW교육모듈을 개발하여 학습자의 프로토타입 제작에 드는 시간과 노력을 프로그래밍 학습에 더욱 집중 할 수 있도록 하였다. 또한 개발한 교육모델을 적용할 수 있는 커리큘럼을 제안하여 실제 학교 현장적용을 통해 CT 역량변화에 대한 교육적 효과를 검증하고자 한다.

## II. Related works

### 1. Computational Thinking

Wing(2006)은 “Computational Thinking”이 컴퓨터 과학자들뿐만 아니라 21세기 정보화 사회를 넘어 디지털 시대 SW 중심사회를 살아가는 모든 사람들에게 필요한 사고로서 읽기, 쓰기, 셈하기 능력에 이를 더하면 아동들의 분석 능력을 향상시킬 수 있다고 제안하였다[8].

또한 CT는 다양한 사고체계와 결합하여 복잡한 여러 단계를 추상화하고 이를 자동화하는 과정 속에서 일상생활의 문제를 해결하는 데 이용할 수 있다.

CSTA&ISTE(2011)은 D.Barr(2011)의 연구결과를 바탕으로 <표 1>과 같이 주요 핵심 요소를 자료수집, 자료분석, 자료표현, 문제분석, 추상화, 알고리즘과 절차, 자동화, 시뮬레이션, 병렬화 9가지로 구분 하였다. 또한 Google for Education에서는 CT의 주요 요소를 분해, 패턴인식, 패턴 일반화와 추상화, 알고리즘 디자인으로 간략화하여 정리하였다[9][10].

Table 1. CT Elements

Terms	Description
Data collection	Step to collect information necessary to solve problem
Data analysis	Identify data reliability, find pattern and find conclusion
Data presentation	Present and organize data with use of graph, chart, word or image
Problem decomposition	Decompose an main idea into small tasks that can be easily processed to solve the original problem
Abstraction	Reducing complexity to define main idea
Algorithms & procedures	A series of ordered steps taken to solve a problem ore achieve some end.
Automation	Execute tasks using computer or machine
Simulation	Modeling of presentation of data or procedure and experiment or test based on the model
Parallelization	Apply the structured model simultaneously and generalize it.

또한, Karen Brennan, Mitchel Resnick(2012)는 <표 2>와 같이 스크래치 활동을 통하여 얻은 연구를 통해 컴퓨팅 개념(Computational concepts), 컴퓨팅 실행(Computational practices), 컴퓨팅 관점(Computational perspectives) 3가지 범주로 CT 평가를 위한 프레임워크를 완성하였다[11].

Table 2. CT Framework for Assessment measure

Dimensions	Elements	Description
Computational Concepts	Sequence, repetition, parallelization, event, condition, operator, data	Transfer of CT concept commonly included in programming language
Computational Practices	Steps and repetitions, testing and debugging, reuse and remixing, abstraction and module	Process of structuring CT concept by way of fulfillment of project

Computational perspectives	Presentation(self-understand), linking(recognition of others), Questions(Understand of technology world)	Explain changes of understanding for myself and world from the perspective of computing
----------------------------	--	---

Real-life problem solving by using sequence, repetition and condition	Implement program to solve real-life problem using sequence, repetition and condition
---	---

Education (Technology & Home Economics)

또한 학습자의 스크래치를 통한 프로그래밍 학습과정을 통하여 학습자의 CT 개념의 형성과 전이과정을 프레임워크로 나타내어 각 CT 평가에 필요한 요소들을 설명하였다[11].

컴퓨터를 사용하여 이러한 선행연구에서 제시한 CT 개념들의 향상에 대한 효과성을 검증하는 최근의 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 김수환, 한선관(2012)는 디자인 기반의 학습방법을 적용한 스크래치 프로그래밍 교육으로 CT 능력을 평가하였는데 self-프로그래밍 능력과 흥미도 향상에 통계적으로 유의미한 효과가 있는 것으로 나타났다[12].

김태훈(2015)은 CT 능력 신장을 위해 Kodu, 스크래치를 통한 STEAM 프로그래밍 교육 적용으로 창의력, 논리적 사고력 및 과학과 관련된 정의적 영역에서 유의미한 향상이 있는 것으로 확인되었다[13]. 신주현, 송기상(2015)은 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 CT 학습요소가 포함된 스크래치 교수학습 적용으로 학습자의 인지부하변화를 측정하였는데 실험처치결과 학습자의 문제해결과정에서 학습된 개념들의 전이로 인해 학습자의 과제해결능력이 향상되는 것을 나타내었으나 통계적으로 유의하지는 않았다[14]. 안준별(2015)은 디자인 기반 피지컬 컴퓨팅의 효과분석 결과 CT 개념요소는 분해와 패턴인식, CT 문제해결전략은 테스트와 디버깅, 의사소통양식은 확인하기와 질문하기가 많이 사용된 것으로 나타났다[15].

이와 같이 초등학생들의 CT 함양을 위한 프로그래밍 교육에서 주로 블록형 프로그래밍 언어인 스크래치가 많이 활용되고 있는 것으로 보이며, 학습성취도와 학습흥미도면에서 유의미한 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면, 컴퓨터만을 활용하여 CT 개념들을 학습하려는 시도는 초등학생과 같은 초보학습자의 학습지속력을 강화할 수 있는 면에서 다소 제한적이라 대상 학생에 맞게 실생활의 문제를 가지고와서 이를 해결할 수 있는 보다 다양한 교육적 도구와 방법을 적용하고 보완해야 할 필요성이 있다[6].

2015년 개정 교육과정(안)에서도 기존의 컴퓨터 활용 중심의 ICT 교육에서 자료수집, 분석, 문제해결과정을 중요시하는 SW교육과정으로 전환이 이뤄질 예정이며 <표 3>과 같이 소프트웨어, 알고리즘, 프로그래밍에 대한 성취기준과 생활 속에서의 SW사용, 문제해결과정과 절차를 중요시한 프로그래밍 교육과 방법 등이 학습요소로 제시되어 있다[2].

반면, 앞선 연구들에서 제시된 바와 같이 초등학생들의 실생활 속에서 일어나는 문제상황을 CT 요소들과 유기적으로 결합하여 학습 할 수 있는 보다 다양한 관점에서의 교육방법이 필요하며 이에 적합한 SW 교육과정 설계와 다양한 모델 등에 대한 연구가 필요한 실정이다[16].

따라서, 본 연구에서는 선행연구분석을 통해 얻은 CT의 주요 개념들과 2015 개정 교육과정(안)에서 제시한 성취기준과 학습요소를 포함하고 교사와 초등학생들이 보다 쉽게 접근할 수 있고 실세계와 컴퓨터 모두를 활용하여 CT 함양을 위한 피지컬 컴퓨팅 기반의 SW 교육프로그램을 개발하고자 한다.

## 2. Physical computing for programming education

디지털 시대 기술의 발전과 더불어 사물과 컴퓨터의 연결이 보다 쉬워지면서 학생들의 CT 함양을 위한 방법으로 기존의 EPL(Educational Programming Language) 교육과 더불어 기초적인 전기지식을 기반으로 디지털 및 아날로그 센서, 모터 등을 활용하여 실생활의 문제를 해결하는 피지컬 컴퓨팅과 관련된 연구들도 활발히 이루어지고 있다[15].

피지컬 컴퓨팅은 SW 또는 HW를 사용하여 실세계와 통신하고 응답할 수 있는 상호작용이 가능한 물리적인 시스템을 의미하며 아날로그 또는 디지털 신호로 입력과 출력이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 특히 <그림 1>과 같이 피지컬 컴퓨팅 기반의 아두이노는 이탈리아의 IDII(Interaction Design Institute Ivrea)에서 개발한 단일보드 마이크로 컨트롤러로서 오픈 소스 기반의 플랫폼이다.

Table 3. 2015 Revised Curriculum published by Ministry of

Achievement criteria	Learning elements
Understand effects of SW applications in real life	Explore SW operated devices and their effects on our life
Problem solving by procedural thinking	Find sequence of solving problem under gaming situation
Basic programming	Programming with block-type programming tools
Design number calculation automation program	Implement program based on four basic operations and comparing numbers



Fig. 1. Physical Computing Platform, Arduino

아두이노는 다양한 센서로부터 값을 입력 받아서 SW를 통

하여 LED, 모터 등을 출력하고 통제할 수 있는 기능을 가지고 있다. 또한 USB, 블루투스 등을 통해 쉽게 컴퓨터와 연결하여 프로그래밍과 컴파일을 할 수 있고 확장성도 뛰어나 다양한 아날로그 센서, 디지털 센서를 사용할 수 있을 뿐만 아니라 개발을 위한 OS 지원 환경도 다양하다. 이러한 장점으로 인하여 많은 분야에서 사용되고 있는데, 최근 초등학생들도 전문적인 전기전자공학 지식 없이도 쉽게 피지컬 컴퓨팅을 구현할 수 있는 프로그래밍 도구들과 소스들이 공개되어 부담없이 접근할 수 있으며 원하는 프로토타입을 빠르게 제작할 수 있다.

최근 아두이노를 프로그래밍 교육에 활용한 연구들이 활발히 진행되고 있는 단계이며 <표 4>과 같이 선행연구들을 정리하여 보면 다음과 같다.

Table 4. Related Works

Researchers	Description of studies
Jooeun Shim, Jooyoung Ko, Jaechang Shim (2014)[17]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For students aged 14–21 (avg 17.1)</li> <li>Run courses regarding Arduino, robot programming, wired/wireless integrated education program for improving creativity</li> </ul>
KyuHeon Shim, Sangwook Lee, Taeweon Suh (2014)[5]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For talented students</li> <li>Improve learner interest in computer by applying STEAM curriculum using Arduino</li> </ul>
SungJun Park (2015)[18]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For fifth &amp; sixth degree element students</li> <li>Improve creative problem solving ability through programming education using Arduino</li> </ul>
YoungSun Park et al. (2013)[19]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For fifth &amp; sixth degree element students</li> <li>Develop and apply STEM education program using LilyPad Arduino to making christmas tree</li> </ul>
Leah Buechley et al. (2008)[20]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For students aged 10–14</li> <li>Study on engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education using LilyPad Arduino</li> </ul>
Miguel Angel Rubio et al. (2015)[21]	<ul style="list-style-type: none"> <li>For University student</li> <li>Mitigate the gender gap in programming learning by applying programming module using Arduino</li> </ul>

심주은, 고주영, 심재창(2014)은 아두이노, 로봇 프로그래밍 등을 활용한 교육과정을 개발하여 다양한 연령대의 학생들을 팀으로 구성 및 적용으로 학습흥미와 태도변화에 유의미한 효과를 얻었다[17]. 심규현(2014)는 영재학생들을 대상으로 STEAM 기반으로 과학과 음악을 융합한 PBL 전략을 사용하여 학습성취도와 흥미도 향상에 효과가 있는 것으로 나타났으나 CT 함양을 위한 구체적인 방법을 제시면에 보완이 필요하였다[5].

박성준(2015)은 교육정보원의 초등학교 프로그래밍반 5~6학년을 대상으로 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육에서 추상적인 데이터를 구체물로 확인하는 활동을 통해 프로그래밍에

대한 기본적인 개념 이해와 학습자의 창의적 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 다만, 사용되는 언어가 텍스트 기반의 'codeBlocks'로 텍스트 기반의 프로그래밍 교육시 초보자가 쉽게 이해할 수 있는 교수학습방법을 개선하여 적용할 필요가 있다[18].

박영선 외(2013)는 초등학교 5~6학년을 대상으로 릴리패드와 아두이노, 모드킷 프로그래밍을 통하여 디자인적 요소를 가미한 트리만들기로 STEAM 교육프로그램을 설계하였으나 학습자의 흥미와 창의적 문제해결력 함양을 위한 통계적 검증은 이뤄지지 않았다[19].

Leah Buechley 외(2008)은 릴리패드 아두이노를 이용하여 10~14세 학생들을 대상으로 전자섬유 공예품을 제작하는 워크숍을 통하여 학생들의 학습에 대한 동기, 흥미도, 프로그래밍 능력 향상과 향후 개인화된 전자섬유 디자인과 이에 대한 기술 교육에 대한 방향성을 제시하였다. 특히 참여한 여학생들에게 긍정적인 반응을 얻었으나 릴리패드를 활용한 디자인 중심의 피지컬 컴퓨팅으로 CT 함양에 대한 세부적인 학습과정을 제시하는 면에 보완이 필요한 것으로 나타났다[20].

Miguel Angel Rubio 외(2015)는 대학생들을 대상으로 아두이노 기반 학습모형을 적용한 프로그래밍 교육과정 개발과 적용으로 프로그래밍 결과물과 학습동기면에서 남녀간의 격차를 줄이는데 효과적인 것으로 나타났다. 반면, 대학생들을 대상으로 한 연구결과로 연구에서 제시한 모델의 교육내용은 초등학생들에게는 다소 어려울 수 있어 인지발달적 특성을 고려한 교육적 모델과 교육내용으로 재구성할 필요가 있는 것으로 보인다[21].

이와 같이 선행연구들을 통해 컴퓨팅 사고(CT) 함양을 위한 세부 개념들과 프로그래밍 학습을 위해 필요한 내용을 살펴본 것으로, 피지컬 컴퓨팅과 관련된 연구들을 분석하여 다음과 같이 교사들과 초보학습자들에게 필요한 교육적 도구와 적용방법에 대한 시사점을 얻을 수 있었다.

첫째, 컴퓨터만을 활용한 프로그래밍 학습은 순차, 반복, 조건 등의 다양한 알고리즘들이 결합되어 있는 복합적인 구조들로 구성되어 있어 초보적인 학습자들이 이러한 개념을 구체적이고 직관적으로 이해하는데 어려움이 있다. 반면, 피지컬 컴퓨팅을 통한 프로그래밍 교육은 실생활의 문제를 해결하기 위한 창작물을 제작하고 프로그래밍 하는 과정에서 다양한 디지털, 아날로그 센서들을 조작적 활동을 통한 입력과 출력에 대한 기초적인 기능들을 즉시 이해가 가능한 학습환경을 제공하여 학습자가 문제해결을 위해 만든 알고리즘들을 쉽게 적용해 볼 수 있다는 장점이 있다.

둘째, 아두이노를 활용한 피지컬 컴퓨팅 학습은 간단한 기초 전기전자 지식과 관련된 학습요소, 다양한 센서들을 응용한 실생활의 문제해결방법을 보다 쉽고 재미있게 다룰 수 있어 관련된 교과인 과학, 실과, 음악 등과 같은 다양한 학문과 융합적인 교육이 가능한 것으로 나타났다.

셋째, 컴퓨터와 실세계와 결합된 창의적인 제작물을 만들어

보는 활동은 학습자에게 즉각적인 피드백을 주어 학습흥미도와 성취도 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 이는 주어진 문제상황을 해결하기 위해 오픈소스 아두이노 플랫폼에서 구체적인 조작을 통한 제작과 프로그래밍 과정을 통하여 즉시 확인할 수 있는 결과물을 제시해 줌으로써 학습자의 사고력과 문제해결력 향상에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

이와 같이 아두이노를 통한 피지컬 컴퓨팅은 프로그래밍 학습의 새로운 대안으로 적절하다는 가능성을 시사하고 있지만 초등학교 고학년 위주가 아닌 구체적 조작기의 초보학습자들을 위한 연구와 CT 함양을 위한 구체적인 학습모델을 기반으로 체계적인 교육과정을 적용하여 효과를 검증하는 연구들이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 개정된 교육과정과의 연계성을 고려하여 CT 함양을 위한 주요 프로그래밍 학습요소를 설정하고, 피지컬 컴퓨팅을 통해 실생활의 경험을 반영한 주제를 가지고 이를 체계적으로 학습하기 위한 피지컬 컴퓨팅 기반 SW 교육 모델과 이를 적용하기 위한 SW 교육과정을 제안하였다.

### III. Modeling and Methods

본 연구에서는 초등학교 4학년의 프로그래밍 교육을 위해 피지컬 컴퓨팅 도구인 아두이노, 스케치(Sketch)를 활용하여 CT 함양을 위한 기초적인 SW교육모델을 제안하였으며, 학습 모델을 설계하기 위해 초등학교 학생 학습자의 특성에 맞추도록 다음의 몇 가지 사항을 고려하였다.

첫째, 학생들의 실생활의 경험을 통해 접할 수 있는 학습주제를 이끌어내어 학습자들의 문제발견과 해결과정을 쉽게 이끌어 낼 수 있도록 교육내용을 구성한다.

둘째, 설계한 학습내용은 차시가 진행될수록 CT 요소들이 순차적으로 확장되어 프로그래밍 교육이 이루어질 수 있게 학습주제를 선정한다.

셋째, CT 함양을 위한 프로그래밍 학습에 집중할 수 있도록 초보자인 학생들이 프로토타입 모델 설계와 제작에 드는 시간과 노력을 절약할 수 있어야 한다.

넷째, 아두이노 플랫폼에서 피지컬 컴퓨팅 프로그래밍 교육 언어인 스케치(Sketch) 효율적 학습을 위해 구체적 조작기의 학생들을 고려한 학습활동을 포함해야 한다.

#### 1. CT-SPI(Computational Thinking based System thinking-Prototyping-Interaction) Model

본 연구에서는 초등학교 4학년들에게 아두이노를 활용하여 CT 함양을 위한 피지컬 컴퓨팅 기반 SW 교육모델을 제안하였으며 구체적인 절차는 <그림 2>과 같다.

학생들의 CT 함양을 위해서 2015년 개정 교육과정(안)에서 제시한 성취기준과 학습내용을 바탕으로 하여 프로그래밍 학습

요소를 추출하였다.

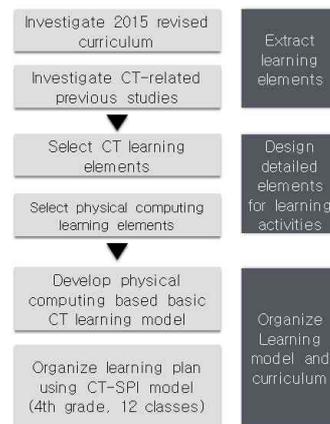


Fig. 2. Processes of developing SW educational model

추출한 성취기준과 학습내용은 순차, 반복, 조건 등의 구조 이용을 통한 실생활 문제해결의 성취기준과 이를 만족하는 실생활의 문제해결 프로그램을 제작하는 것을 학습내용으로 하였다.

<그림 3>은 CT 함양과 관련된 선행연구 분석을 통해서 얻은 CT 요소를 포함하는 프로그래밍 교육을 위해 피지컬 컴퓨팅 기반의 CT-SPI(Computational Thinking based System thinking-Prototyping-Interaction) 모델을 개발하였다. 또한 Brennan과 Resnick이 제시한 CT 프레임워크의 평가절차를 현장적용시 CT-SPI 모델의 학습과정에 따라 재구조화하여 적용하였다[11].

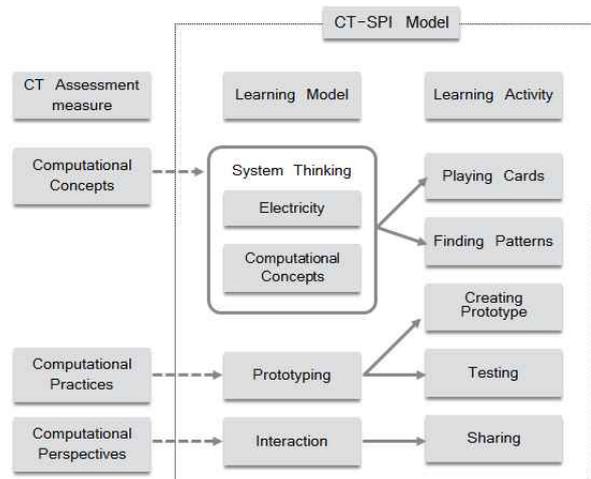


Fig. 3. Architecture of CT-SPI model

개발된 CT-SPI 모델은 크게 3개의 과정으로 시스템사고(System Thinking), 프로토타입핑(Prototyping), 인터랙션(Interaction)으로 구성되어 있으며 세부내용은 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고(System Thinking)는 학생들이 실생활의 문제를 해결하기 위해 피지컬 컴퓨팅 기반의 CT 요소들을 결

합하는 단계로 기초 전기전자적 지식을 기반으로 각종 디지털, 아날로그 센서들을 연결하여 프로그래밍하는 가운데 공통적인 CT 개념들(시퀀스, 루프, 병행성, 이벤트, 조건, 연산자, 데이터)을 학습할 수 있는 기술을 익히는 것을 의미한다.

둘째, 프로토타입핑(Prototyping)은 시스템 사고를 통해서 익힌 기술들을 가지고 실제 문제해결을 위한 프로토타입을 디자인하고 만들어보는 것을 의미한다. 아두이노 보드에서 각종 디지털, 아날로그 센서들을 가지고 학습자의 디자인 활동과 앞서 익힌 CT 요소들을 활용하여 프로그래밍을 해보고 센서 테스트와 프로그램 디버깅을 통해 학습자가 의도한 방향으로 작동하는지를 알아보는 테스트를 의미한다. 이를 통해 이전 시스템 사고에서 익힌 CT 요소들을 프로토타입핑 과정에서 학습자에게 전이되는 경험을 하게 된다.

셋째, 인터랙션(Interaction)은 프로토타입 제작을 통해 얻은 결과물, 초보 학습자의 프로그래밍 소스, 피지컬 컴퓨팅 사고, 문제해결을 위한 방법에 관한 질의와 생각 등을 다른 학습자들 및 교사와 공유하는 과정이다. 초보 학습자는 이를 통하여 자신이 제작한 프로타입에 포함된 센서들의 동작, 기능 등에 대한 설명과 다른 학습자들 및 교사와 다양한 상호작용과정을 통하여 학습자에게 전이된 CT 요소들을 내면화할 수 있다.

CT-SPI 모델을 지원하기 위한 각 과정별 구체적인 학습활동은 다음과 같다.

첫째, 시스템 사고에서는 <그림 4>과 같이 카드놀이(Playing Card)-패턴찾기(Finding Patterns) 활동이 이루어진다. 카드놀이 활동은 초등학교 초보학습자들을 고려하여 전기전자적 기초개념과 CT 요소들을 보다 쉽게 설명하기 위해 텍스트 명령어들, 아이콘들로 구성된 카드들을 조합하여 연결해 보는 활동을 의미하며 제시된 문제해결을 위한 정보들, 즉 센서들과 명령어의 조합으로 이루어진 동작과 정보들을 수집해 보는 단계이다.

패턴찾기 활동은 제시된 학습차시에 포함된 CT 요소가 포함된 프로그래밍 학습을 위해 학습자가 카드놀이 활동을 통해서 수집한 데이터를 분석하고 센서들을 동작시키는 기초적인 프로그래밍 방법을 알아보는 단계이다. 학습자는 제시된 카드들을 다양한 방법으로 결합하여 보고 이를 프로그래밍과 연결하여 다양한 패턴들을 찾아낸다. 또한 학습자들은 제시된 문제를 다양한 카드들의 형태에서 단위요소들로 분해해 보고 각 단위요소를 해결하기 위해 센서 명령어 카드들을 재조합하고 배치함으로써 문제해결에 필요한 알고리즘들을 찾아보는 활동을 하게 된다.



Fig. 4. Scenes of playing card and finding patterns

둘째, 프로토타입핑에서는 카드놀이와 패턴찾기 단계를 통해 익힌 기술들을 기반으로 학습자가 제시된 문제를 해결하기 위한 센서들을 아두이노 보드에서 구성하고 디자인하여 직접 자신의 프로토타입을 제작하는 단계와 만든 프로토타입을 직접 테스트함과 동시에 각종 파라미터를 변경하고 패턴들을 재사용, 리믹싱하는 가운데 제시된 문제해결방법을 찾아보는 테스트 단계를 포함하고 있다. 프로토타입을 디자인하고 제작하는 과정에서 학습자들은 먼저 워크시트에 있는 기초 아두이노와 브레드보드에 자신이 구상한 센서들과 전기전자장치들을 직접 그려보는 활동을 한다.

<그림 5>는 학습자가 문제해결을 위해 구상하고 있는 프로토타입을 제시하고 있는 피지컬 SW교육모듈을 참고하여 실제 워크시트에 먼저 그려보는 모습과 단계별로 설계한 것을 테스트하는 모습이다.

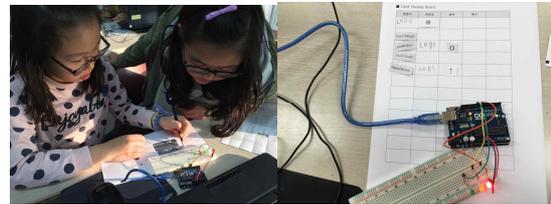


Fig. 5. Scenes of Prototyping and Testing

이러한 활동을 통하여 학생들은 피지컬 SW교육모듈에서 제시하고 있는 프로토타입을 통해 자신이 구상하고 있는 아이디어를 가감하여 창의적인 프로토타입 설계를 지원한다. 이와 동시에 프로토타입을 만드는데 드는 시간과 노력을 줄임으로써 학습자들은 문제해결을 위해 패턴찾기 과정을 통해 만들어 놓은 프로그래밍에 집중할 수 있어 해당 학습차시에 제시된 CT 요소들을 함양하는데 도움이 된다.

테스팅은 자신이 제작한 프로토타입에 장착된 디지털 및 아날로그 센서, LED 등을 동작시키는 파라미터들을 변경하거나 프로그램을 수정하여 봄으로써 자신이 원하는 방향으로 동작시키고 다양한 방법으로 프로토타입을 개선하는 것을 의미한다. 또한 자신이 만든 프로그램내 적용된 패턴들을 변형하거나 재사용함으로써 보다 효율적인 알고리즘을 찾아가는 활동도 포함된다.

셋째, 인터랙션은 자신의 프로토타입 제작에 대한 전체적인 경험을 워크시트에 기술하기와 친구들 및 교사와 함께 각자의 프로토타입에 대한 공유와 질의, 응답하는 과정을 통해 전체적인 시스템사고와 프로토타입핑을 통해 얻은 CT 요소들을 내면화하는 것을 의미한다.

<그림 6>과 같이 학습자는 자신이 만든 프로토타입 제작과정을 상기하고 내면화할 수 있도록 신호등 형태의 3단계의 항목으로 구성된 워크시트에 적어보고 친구들과 만든 프로토타입에 대해 공유하며 서로 질의, 응답하고 있는 모습이다[16].

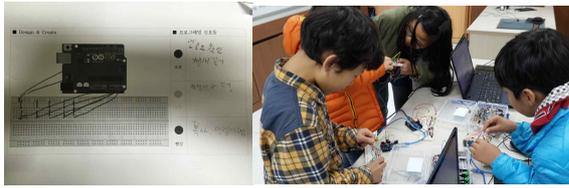


Fig. 6. Scenes of activities in Interaction

신호등 워크시트에서 초록불 항목은 자신이 쉽게 이해하고 제작한 경험을 적는 곳이며, 노란불 영역은 문제해결을 위해 혼란스러웠던 부분을 기술하고 빨간불 영역에는 자신이 이해하기 어렵고 제작하는데 특히 힘들었던 부분을 적어 다른 학습자들과 공유할 수 있도록 한다. 자신이 적은 워크시트를 바탕으로 친구들과 및 교사와 함께 자신의 프로토타입에 대한 기능설명과 문제해결방법을 표현하는 활동을 통하여 학습자가 만든 프로그래밍 구조를 내면화함으로써 CT를 함양할 수 있도록 하였다.

## 2. Design of Physical SW educational Module and Curriculum

본 연구에서는 초등학교 초보 학습자들을 위해서 <그림 7>과 같이 기초적인 피지컬 SW 교육모듈을 제작하였다.

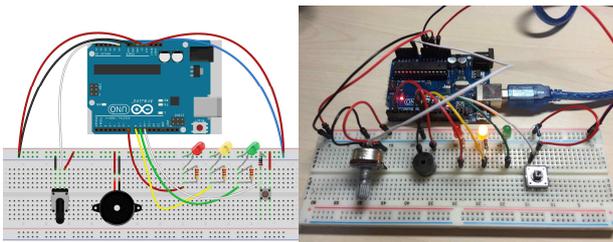


Fig. 7. Physical SW Education module for CT-SPI Model

제작한 학습모듈은 초보학습자들이 프로그래밍 학습에 집중하지 않고, 프로토타입을 제작하기 위한 조립과정에서 너무 많은 시간과 노력을 빼앗기는 단점을 보완하려는 데 있다[21].

제안하는 피지컬 SW교육모듈은 Miguel Angel Rubio 외 (2015)에서 제안한 대학생들을 위한 피지컬 컴퓨팅 모형에서 초등학생의 특성과 관련 연구에서 얻은 시사점을 바탕으로 'Light Buzz City' 모듈이라 명명하였다. CT 요소들을 포함한 프로그래밍 교육을 위해 구성된 'Light Buzz City' 모듈은 크게 LED와 사운드 두 가지 개념으로 구성하였다. 다양한 컬러의 LED 제어로 시퀀스와 루프학습, 이벤트와 조건처리를 위한 버튼, 포텐서미터와 같은 가변부품 및 각종 센서 연결을 통한 파라미터 제어, 사운드 제어를 통한 배열처리와 데이터 처리 등을 학습할 수 있다.

초등학교 4학년의 일상생활에서 발생할 수 있는 문제들을 설계한 'Light Buzz City' 모듈을 통해 CT 요소가 포함된 프로그래밍 교육을 할 수 있게 <표 5>와 같이 12차시 분량의 커리

클으로 구성하였다.

Table 5. Proposal of Curriculum

Chapter	Subjects	Example	CT Elements	
Basic	1	Arduino Basic	Arduino I/O, Sketch programming	
	2	Light ON	LED(1)	data
Light	3	Patrol Lights	LED(2) Sequence	data, sequence
		Patrol Lights (Emergency)	LED(2) Sequence, Rapidly	data, sequence, operators
	4	Traffic light (Dual aspects)	Red-Green	data, sequence, operators
		Traffic light (Three aspects)	Red-Yellow-Green	data, sequence, operators
		Traffic light (Manually)	Red-Yellow-Green (Button)	data, sequence, loops, operators, events, conditionals
	Buzz	5	Buzzing bird	Beep!!
6		Melody	Korean 5 scale melody (more LED)	sequences, events, conditionals, operators, data
7		Looping songs	Birds Birds	sequences, loops, events, operators, data
8		folk song	Playing folk song	sequences, loops, events, operators, data
Light Buzz	9	life saving	light, sound signal	events, parallelism
	10	fun picnic	folk song play	mix CT concepts
	11	funfun beats	beat playing(3/4, 4/4)	mix CT concepts
	12	displaying binary	Num(0~4) input-LED, sound output	mix CT concepts

실계한 커리클은 초등학생들의 인지적 특성을 고려하여 차시가 진행될수록 CT 요소들을 순차적으로 확장하여 프로그래밍 학습을 할 수 있도록 구성하였다. 크게 LED 제어를 위한 'Light'부분, 사운드 제어를 위한 'Buzz' 부분 학습을 통하여 학

습자들은 기초적인 CT 요소들이 포함된 프로그래밍 학습이 이뤄지게 된다. ‘Light’와 ‘Buzz’를 결합한 부분에서는 앞서 구성된 CT 요소들을 종합적으로 사용할 수 있도록 학습문제를 구성하였으며 교육적 내용은 도덕, 사회, 음악과 같은 다양한 과목에서도 응용이 가능하도록 구성하였다.

### 3. CT-SPI Model assessment measure

본 연구에서 설계한 CT-SPI 모델을 적용한 결과를 평가하기 위해서 CT 관련 선행연구와 Karen Brennan, Mitchel Resnick(2012)의 CT 프레임워크 범주와 최형신(2014)의 연구에서 제시한 CT 세부역량을 종합하여 피지컬 컴퓨팅 기반에 적합한 CT-SPI 역량 평가요소로 재구성하여 <표 6>와 같이 개발하였다[11][22].

Table 6. Assessment elements of CT-SPI capability

Sub	Step	Elements	Assessment Variables
System Thinking	Playing Cards	Physical	Working mechanism of sensor and electric components, basic electric & electronic knowledge
		Algorithm	Design algorithm
		Data representation	Use of variables and lists
	Finding Patterns	Decomposition	Process logical unit of algorithm
		Abstraction	Implement programming on physical system
		Parallelization	Parallel processing of sensor, button, and electric components
		Simulation	Give input of parameter and get output corresponding to the parameter value
Prototyping	Creating Prototype	Design	Align and design sensor and components to solve problem
		Create	Connect sensor and electric components to Arduino and program
	Testing	Test	Algorithm test
Interaction	Sharing	Personality	Explain function and how it works
		Collaboration	Suggest solution and question to the works by themselves and peers
		QA Activity	Share the works and interact with peers

개발한 피지컬 컴퓨팅 기반의 CT 역량 요소는 CT-SPI 모델의 시스템사고(System Thinking), 프로토타입핑(Prototyping) 및 인터렉션(Interaction)의 목적에 맞게 각각의 평가 세부요소와 평가항목을 고안하여 CT-SPI 모델에서 제시한 학습활동에 맞도록 결합하였다. 실제 학교현장에서 효율적

인 CT 평가를 위해서는 학습자의 학습활동 과정별로 교사가 직접 관찰하고 평가하는 방향으로 구성하는 것이 필요하다[22].

## IV. Results

본 연구에서 제시한 CT-SPI 모델을 적용하여 개발한 12차시 분량의 커리큘럼을 A 초등학교 4학년 15명(남 9명, 여 6명)을 대상으로 진행하였다. 교사의 효율적인 관찰과 학습과정별 CT 함양에 대한 평가를 위해 선정된 학생들은 농촌의 소인수 학급의 학생들로 피지컬 컴퓨팅에 대한 경험이 없는 학생들로 구성되어 대부분의 학습자가 아두이노에 대해서 잘 모르고 있었고 실제 수업은 컴퓨터교육을 전공한 교사가 2015년 11월 약 2주간 방과후 수업을 통해 적용하였다.

CT-SPI 모델로 설계한 커리큘럼에 참여한 학생들은 학습 차시가 진행될수록 피지컬 컴퓨팅에 대한 많은 흥미와 관심을 보였으며, 제시한 실생활의 문제들을 아두이노를 통해 해결해 나가는 것에 집중하였다. 학습자들의 CT-SPI 모델 적용 전과 후에 대한 학습흥미도와 만족도에 대한 인식변화를 알아보기 위해서 5단계의 Likert 척도로 구성된 설문문항을 구성하고 동일집단에서 변수가 적은 집단비교에 가장 적합한 t-test를 실시하였다.

또한 학습자들의 CT 역량을 측정하고 분석하기 위해서 최형신(2014)의 CT 역량 측정을 위한 평가 루브릭을 활용하여 본 연구의 CT-SPI 모델에 맞게 재구성하였으며, 실제 수업을 진행한 컴퓨터교육전공 교사의 관찰평가를 통해 학습자들의 CT 역량을 측정하고 분석하였다[22].

### 1. Students perception for CT-SPI model

‘아두이노를 활용한 CT-SPI 학습을 통해 학습만족도와 흥미도가 증가하였다’라는 가설에 대한 사전-사후검사결과를 살펴보면 다음과 <표 7>과 같다.

Table 7. Survey results for learning satisfaction and learner interest

Variable	Term	M	SD	t	p
Learning Satisfaction	Pre	3.20	.862	-6.325	.000
	Post	4.53	.516		
Learner Interest	Pre	2.93	1.033	-5.277	.000
	Post	4.47	.516		

(N=15, p<0.001)

연구에서 제시한 CT-SPI 모델을 활용한 학습만족도의 변화는 사전 3.20, 사후 4.53으로 나타났고, 아두이노를 활용한 학습흥미도 역시 사전 2.93에서 사후 4.47로 매우 높은 변화를 보여주고 있다. 두 항목에 대한 p값이 .000으로 통계적으로 유

의미한 것으로 학습자의 학습만족도와 흥미도가 증가한 것으로 나타났다( $p < 0.001$ ).

## 2. Learning outcomes for CT-SPI Model

본 연구에서는 3장에서 제시한 CT 평가측정 방법을 활용하여 각 학습활동에 포함된 세부요소에 따라 상(7점이상~10점), 중(4점이상~7점미만), 하(4점 미만)으로 구성된 3단계의 평가 기준을 가지고 컴퓨터교육전공 교사가 수업 중 직접 평가를 실시하였다.

평가는 학습활동별로 제시한 세부요소별로 각각 상, 중, 하 평가를 거쳐 결과를 종합하였으며 CT-SPI 모델의 세 가지 과정을 반영하여 구성된 평가 기준별 정의는 다음과 같다.

첫째, 상단계는 아두이노 보드와 결합한 센서들의 기능과 프로그래밍 동작에 대해서 이해하고 학습자의 의도한 방향대로 프로토타입을 설계하고 동작시킬 수 있는 수준을 의미한다. 또한 제작한 프로토타입에 대한 세부적인 기능설명과 함께 다른 학습자들과 공유하며 상호작용을 통해 더 나은 해결방향을 제시할 수 있는 수준을 의미한다.

둘째, 중단계는 센서의 동작과 아두이노 프로그래밍에 대해 알고 차시별로 제시된 CT 요소들을 알고 피지컬 SW교육모듈에서 테스트가 가능하고 응용이 가능한 수준을 의미한다. 또한 문제해결을 위해 공유된 소스에 포함된 CT 요소들을 응용하여 자신의 프로토타입을 다른 친구들에게 설명할 수 있는 수준을 의미한다.

셋째, 하단계의 수준은 CT 요소들과 피지컬 컴퓨팅에 대한 이해가 부족하여 프로토타입의 설계에서 다른 학습자들의 도움을 많이 받아야하며 만들어진 제작물에 대한 기능설명 등 표현이 자연스럽게 못하고 다른 학습자들과 충분한 공유활동이 이루어지지 않은 수준을 의미한다.

<표 8>은 CT-SPI 모델을 적용하여 담당교사가 학습활동에 제시된 세부요소들에 대해 사전-사후로 나누어 평가를 실시하고 이를 종합한 결과를 나타낸 것이다.

Table 8. Comprehensive assessment results for learner's CT capability

Variable	Boys		Girls		Total	
	N	%	N	%	N	%
Good (7-10)	Pre	0 0.0%	1 6.7%	1 6.7%		
	Post	1 6.7%	3 20.0%	4 26.7%		
Average (4-7)	Pre	4 26.7%	2 13.3%	6 40.0%		
	Post	7 46.6%	3 20.0%	10 66.6%		
Poor (0-4)	Pre	5 33.3%	3 20.0%	8 53.3%		
	Post	1 6.7%	0 0.0%	1 6.7%		
Mean	Pre	4.04		4.37		
	Post	5.81		6.15		

사후평가결과를 살펴보면 남학생은 5.81, 여학생은 6.67로 전체적으로 여학생들의 평균이 높게 나타났다. CT 요소들에 대한 교사의 평가시 학습자의 학습태도와 구체적 조작기의 여학생들의 인지발달적 특성으로 인한 것으로 보이며 이원중(2013)의 스크래치 프로그래밍 교육을 통한 학습태도변화에서도 위와 같은 경향을 보이고 있다[23].

학습자의 종합평균은 사전 4.37에서 사후 6.15로 상단계로 근접하여 향상 되었으며, 하단계에 있는 학습자 분포가 사전 53.3%, 사후 6.7%로 46.6% 감소하였고 상단계의 학습자는 20%, 중단계의 학습자는 26.6% 각각 증가하였다.

CT-SPI 모델에서 시스템사고, 프로토타입핑, 인터랙션에서의 남학생과 여학생의 차이를 알아보기 위해 <표 9>와 같이 t-test 검증을 실시하였다.

Table 9. Achievement results analysis for CT-SPI model stages at different gender

CT-SPI	M		SD		t	p
	Boys (N=9)	Girls (N=6)	Boys (N=9)	Girls (N=6)		
System thinking	5.95	6.74	1.06	1.74	-1.097	.293
Prototyping	5.59	7.00	1.19	1.15	-2.272	.041
Interaction	5.70	6.17	1.48	1.71	-.560	.585

( $p < 0.05$ )

분석결과 시스템사고와 인터랙션에서는 p값이 .293과 .585로 나타나 유의미한 결과를 얻지 못하였으나, 프로토타입핑에서는 p값이 .041로 통계적으로 유의미한 결과를 얻었다( $p < 0.05$ ). 이는 구체적 조작기에 해당하는 4학년 여학생의 경우 남학생보다 프로토타입핑의 세부요소인 디자인 및 제작하는 활동에 있어 남학생보다 더 섬세하고, 조작적인 면에서 우수한 것으로 보인다.

CT-SPI 모델의 학습활동별 세부요소에 대한 사전-사후 평가결과에 대한 t-test 검증 결과는 <표 10>과 같다. 측정결과 각 세부요소별 상관관계가 매우 높았으며 p값 역시 .000으로 나타나 통계적으로 유의미한 결과를 얻었다( $p < 0.001$ ).

세부요소별 CT 요소들에 대한 사전-사후변화 정도를 살펴보면 '카드놀이'의 '피지컬'과 '패턴찾기'의 '문제분해' 요소의 변화량이 1.933으로 가장 높은 변화량을 보였으며 특히 '피지컬' 요소는 사후평균 6.73으로 사후평균과 변화량 모두에서 가장 높게 나타났다. '피지컬' 요소는 '카드놀이' 단계에서 다양한 전기전자부품, 센서들과 아두이노 연결 및 이를 동작시키기 위한 기초프로그래밍 개념을 구체적인 조작활동을 통해 학습하게 되어 CT 함양에 큰 영향을 준 것으로 보인다.

또한 '문제분해' 요소는 학습과정에서 제시한 문제해결을 위해 다양한 명령어로 이루어진 카드들을 순서대로 연결해보고 논리적으로 나누어 처리하는 활동을 포함하고 있어 이를 통한 학습자의 '문제분해' 개념학습에 영향을 준 것으로 보인다.

반면, '테스팅' 요소는 상대적으로 낮은 변화량인 1.467을 보

Table 10. Pre and Post verification results for CT sub-elements

Learning Activity	Elements	M		SD		Correlation coefficient	t	p-value (p<0.001)
		Pre	Post	Pre	Post			
Playing Cards	Physical	4.80	6.73	1.935	1.907	.933	-10.640	.000
	Algorithm	4.27	6.13	2.187	2.232	.958	-11.297	.000
	Data representation	4.80	6.40	2.007	1.765	.932	-8.411	.000
Finding Patterns	Decomposition	4.33	6.27	1.397	1.624	.934	-12.614	.000
	Abstraction	3.73	5.60	2.086	2.293	.977	-14.000	.000
	Parallelization	4.27	6.00	1.335	1.309	.858	-9.539	.000
	Simulation	4.87	6.73	1.356	1.100	.885	-11.297	.000
Creating Prototype	Design	4.20	6.07	1.656	1.710	.928	-11.297	.000
	Create	4.53	6.40	1.807	1.882	.920	-9.727	.000
Testing	Test	4.53	6.00	1.642	1.464	.862	-6.813	.000
Sharing	Personality	4.07	5.87	2.052	1.995	.945	-10.311	.000
	Collaboration	4.40	6.07	1.595	1.751	.911	-8.919	.000
	QA Activity	4.07	5.73	1.668	1.751	.936	-10.458	.000

었는데 실제 수업활동에서 학습자가 제작한 프로토타입을 가지고 파라미터 변경 등을 통한 다양한 변화를 만들어보는 활동에 다소 소극적이었던 것으로 분석된다. 추상화요소는 다른 요소들의 평가결과에 비해 사후평균 5.60으로 증가량이 적었는데 논리적으로 분해한 알고리즘들을 간략화하거나 새로운 알고리즘을 만들어 자신만의 프로그램으로 변경시키는 활동에서 본 연구대상의 인지발달적 특성, 적용기간의 제한 등으로 인하여 다소 부족한 점이 있었던 것으로 보인다. 본 연구의 실험대상이 농촌의 소인수학급의 학습자를 대상으로 하여 표본의 수가 적어 일반화하기에는 다소 무리가 있으나 학습자의 설문분석과 교사의 CT 역량 측정을 통해 종합적으로 분석한 결과 피지컬 컴퓨팅 기반의 CT-SPI 모델에서 제시하는 SW교육방법이 학습자들의 CT 향상에 통계적으로 유의미한 결과를 준 것으로 나타났다.

### V. Conclusions

본 연구에서는 초등학생들의 컴퓨팅 사고력 향상을 위해 피지컬 컴퓨팅 기반의 아두이노 플랫폼을 활용하여 설계한 CT-SPI 모델을 제안하였다. 설계한 학습모형을 적용한 12차시 분량의 커리큘럼과 피지컬 SW교육모듈을 가지고 방과후 수업시간을 활용하여 적용하였다.

개발한 CT-SPI 모델을 적용한 결과 학습자의 학습만족도와 학습흥미도 향상에 있어 5점척도 기준 각각 4.53, 4.47로 매우 긍정적인 것으로 나타났다. CT-SPI 모델에 대한 세부 과정별 평가를 종합한 결과에서도 “상”단계가 사전 6.7%, 사후 26.7%, “중”단계가 사전 40.0%, 사후 66.6%, “하”단계는 사전 53.3%, 사후 6.7%로 전반적으로 “하”단계에서 “상”단계로 근접하여 향상된 것으로 나타나 학습자들이 CT-SPI 모델을 활용

한 SW교육이 통계적으로 유의미한 것으로 보인다.

본 연구에서 제시한 CT-SPI 모델에서 제시한 기초적인 피지컬 SW교육모듈은 초등학교 저학년군에 적합한 몇 가지 개념들을 가지고 쉽게 제작할 수 있도록 구성하여 학습자들이 프로토타입 제작에 소요되는 시간과 노력을 줄일 수 있어 프로그래밍 학습에 더욱 집중할 수 있는 환경을 제공해 주었다.

또한 연구에서 개발한 커리큘럼은 차시가 진행될수록 CT 요소들이 포함된 프로그래밍 주제를 순차적으로 확장하여 학습할 수 있는 구조와 학생들의 실생활의 경험을 기반으로 한 문제제시 내용으로 설계되어 다양한 학문에서 응용이 가능할 수 있음을 시사해 준다. 개발한 CT-SPI 모델은 학습자가 프로그래밍을 통해 교사와 초보자들 모두 쉽게 접근하고 흥미롭게 학습할 수 있는 영역들을 포함하여 학습자들이 피지컬 컴퓨팅을 통한 프로그래밍시 CT 요소들에 대한 이해를 도울 수 있는 것으로 나타났다. 반면, 소인수학급의 특성으로 인한 표본의 수가 적어 일반화하기에 다소 무리가 있으므로 추후 연구대상의 기간과 범위를 확대하여 적용할 필요가 있다.

향후 연구과제로는 CT-SPI 모델을 기반으로 고학년군에 적용할 수 있는 복합적인 피지컬 SW교육모듈을 제작하고 이를 적용한 효과에 대한 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서 제시한 피지컬 컴퓨팅 기반 프로그래밍 교육과정을 학년군별로 학습할 수 있도록 CT 평가주제들을 상세화한 표준화된 평가지표 설계가 필요하고 CT-SPI 모델을 확장시켜 피지컬 컴퓨팅에서 CT 함양을 위한 표준모델로 발전시켜 나갈 필요가 있다[24].

### REFERENCE

[1] DukHoi Koo, “Development of Digital Storytelling

- Education Program Based on Software Programming”, *The Journal of Korea Elementary Education* Vol. 25, No. 1, pp.245-260, Mar. 2014.
- [2] Ministry of Education of Korea, “2015 Revised Curriculum for Technology & Home Economics”, <http://www.moe.go.kr/web/100020/ko/board/view.do?bbsId=141&boardSeq=60303>
- [3] Jeannette M. Wing, “Computational Thinking”, *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, Vol. 49, No. 3, pp.33-35, Mar. 2006.
- [4] Jung Sook Sung, Soo Hwan Kim, Hyeoncheol Kim, “Analysis of Art and Humanity Major Learners’ Features in Programming Class”, *Journal of The Korea Association of Computer Education*, Vol. 18, No. 3, pp.25-35, May. 2015.
- [5] KyuHeon Shim, Sangwook Lee, Taeweon Suh, “Development and Evaluation of a STEAM Curriculum Utilizing Arduino”, *Journal of The Korea Association of Computer Education*, Vol. 17, No. 4, pp.23-32, Jul. 2014.
- [6] Jong Hun Yu, Yong Whan Kim, Chang Eun Yang, Myung Ho Jang, Hee Ju Kim, Roh Young Myung, Dong Jeong Kim, Heon Chang Yu, “Software Development Education Utilizing Physical Computing based on Arduino”, *Proceeding of The Korea Association of Computer Education*, Vol. 19, No. 1, pp.61-64, 2015
- [7] Lee, EunKyoung, “Robot Programming Teaching and Learning Model to Enhance Computational Thinking Ability”, *Graduate School of Korea National University of Education*, pp.1-135, Feb. 2009.
- [8] Kapsu Kim, “A Development of Computational Thinking Education Model for Elementary Students”, *Journal of The Korean Association of Information Education* Vol. 17, No. 1, pp.73-81, Mar. 2013.
- [9] David Barr, John Harrison, and Leslie Conery, “Learning & Learning with Technology, Computational Thinking : A Digital Age Skill for Everyone”, *Learning & Leading with Technology, ISTE*, pp.20-23, Apr. 2011.
- [10] Google for Education, <https://www.google.com/edu/resources/programs/exploring-computational-thinking/index.html#!ct-overview>
- [11] Brennan, K., & Resnick, M., “New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking”, *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association*, pp.40567, Jul. 2012.
- [12] Soohwan Kim, Seonkwon Han, “Design-Based Learning for Computational Thinking”, *Journal of The Korean Association of Information Education* Vol. 16, No. 3, pp.319-326, Sep. 2012.
- [13] TaeHun Kim, “STEAM Education Program based on Programming to Improve Computational Thinking Ability”, *Graduate School of Jeju National University*, pp.1-264, Feb. 2015.
- [14] Ju-Hyun Shin, Ki-Sang Song, “On the Cognitive Load Changes in Problem Solving Process with Computational Thinking Education”, *Journal of KIIT*. Vol. 13, No. 4, pp.121-129, Apr. 2015.
- [15] JunByeol Ahn, “The Development of the Physical Computing Program with Design-based Learning for Elementary Students”, *Graduate School of Education, Gyeongin National University of Education*, pp.1-79, Aug. 2105.
- [16] Young-Hoon Sung, “A Design of Smart-based collaborative learning model for programming education of elementary school students”, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 20, No. 4, pp.147-159, Apr. 2015.
- [17] Joeeun Shim, Jooyoung Ko, Jaechang Shim, “A Study on Training Courses Development and Analysis for Improving the Creativity using Arduino”, *Journal of Korea Multimedia Society* Vol. 17, No. 4, pp.514-525, Apr. 2014.
- [18] SungJun Park, “The Effects of Programing Education Using Arduino on Creative Problem Solving Ability”, *Graduate Schol of Korea National University of Education*, pp.1-79, Feb. 2015.
- [19] YoungSun Park, SangJin An, YoungJun Lee, “Developing STEAM Education Program Using LilyPad Arduino”, *Proceeding of The Korea Association of Computer and Information*, Vol. 21, No. 1, pp.157-160, Jan. 2013.
- [20] Leah Buechley, Mike Eisenberg, Jaime Catchen, Ali Crockett, “The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity in Computer Science Education”, *CHI 2008 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.423-432, Apr. 2008.
- [21] Miguel Angel Rubio a, , Rocio Romero-Zaliz a, Carolina Man~oso b, Angel P. de Madrid b, “Closing the gender gap in an introductory programming course”, *Journal of Computers & Education*, vol.82, pp.409-420, Mar. 2015.
- [22] Hyungshin Choi, “Devloping Lessons and Rubrics to Promote Computational Thinking”, *Journal of The*

Korean Association of Information Education Vol. 18, No. 1, pp.57-64, Mar. 2014.

- [23] Lee, won jong, "The Impact of the Use of Scratch Program on Academic Achievement and Learning Attitude in Elementary School Mathematics", Graduate Schol of Hanyang University of Education, pp.1-90, Feb. 2013.
- [24] Hye-Young Lee, Tae-Wuk Lee, "Development of Science Subject Program based on Programming Learning to Improve Computational Thinking Ability in middle school", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 20, No. 12, pp.181-188, Dec. 2015.

### Author



Young-Hoon Sung received th B.S. and M.S. degrees in Education and Computer Education from Chinju National University of Education in 2000 and 2002, respectively,

and Ph.D. degree in Computer Science from Gyeongsang National University, Korea, in 2010. Dr. Sung is currently the assistant professor of the Department of Computer Education at Chinju National University of Education, Korea since 2015. He is interested in Robot, Physical Computing and CSCL system in education.