

2021 KISA REPORT

volume 08



CONTENTS

ISSUE I. 디지털

- 01 미국의 국가 인공지능 연구 자원 태스크포스(NAIRR) 구성의 의미와 향후 추진 계획
[한상기/ 테크프론티어 대표]
- 02 총체적 경험(Total Experience)을 위한 개인화 엔진의 최적화
[김영욱/ Senior Program Manager, SAP FRANCE]
- 03 도쿄올림픽은 ICT 흥행에 성공했나?
[최홍규/ EBS 연구위원]
- 04 인공지능 시대의 피지컬 컴퓨팅 교육의 성공조건
[전우천/ 서울교육대학교 교수]
- 05 5G, Wi-Fi6, OpenRoaming
[최덕재/ 전남대학교 교수]

ISSUE II. 정보보호

- 06 사이버 하이젠(Cyber Hygiene)을 위한 엔드포인트 보안
[윤대균/ 아주대학교 교수]
- 07 랜섬웨어 실태와 수사역량 제고방안
[김기범/ 성균관대학교 교수]
- 08 자동차 사이버보안 위협 및 연구동향
[최원석/ 한성대학교 교수]

ISSUE III. 개인정보보호

- 09 모바일 앱 접근권한(app permission) 규정의 개선에 대하여
- 정보통신망법 접근권한 규제의 전면 폐지를 주장하며
[이진규/ 네이버주식회사 이사]

주제 제안 및 정기 메일 신청 | kisareport@kisa.or.kr

인터넷 정보보호 관련 이슈, 현안 등 궁금한 내용을 보내주시면 선별 후 보고서 주제로 선정됩니다.

또한, KISA Report 온라인 서비스 제공을 원하실 경우 신청해주시면 매월 받아보실 수 있습니다.

인공지능 시대의 피지컬 컴퓨팅 교육의 성공조건



전우천 (wocjun@snue.ac.kr)

서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수
한국인터넷정보학회 부회장

피지컬 컴퓨팅의 정의와 등장배경

최근 피지컬 컴퓨팅을 이용한 교육에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 먼저 피지컬 컴퓨팅에 대한 정의를 살펴보도록 한다. 피지컬 컴퓨팅에 관한 다양한 정의가 있으나, 대표적으로 네이버 지식백과에 따르면 피지컬 컴퓨팅의 정의는 다음과 같다. 피지컬 컴퓨팅은 현실 세계 속 데이터를 다양한 디지털 기기로 입력받아서 소프트웨어로 처리한 후, 그 결과를 모니터 등을 비롯한 다양한 형태의 장치로 출력하는 것을 말한다. 더 간단히 표현하면 현실세계와 컴퓨터가 데이터를 통하여 소통하는 것을 말한다.

피지컬 컴퓨팅의 출발은 미디어 아트를 다루는 예술가에 의해서 출발되었다. 즉 처음에는 다양한 미디어 아트의 작품을 컴퓨터를 통해서 표현하거나 반대로 다양한 센서를 통해서 입력받은 정보를 컴퓨터를 통해서 변환한 다음 예술작품의 형태로 표현하는 과정에서 자연스럽게 피지컬 컴퓨팅의 개념이 등장하게 되었다. 그후 피지컬 컴퓨팅은 다양한 분야에 응용되기 시작하였으며, 특히 사물인터넷(IoT) 분야의 기초가 되었다. 즉 사물인터넷의 기본 특성은 센서를 통해 주변 환경을 인식하고, 유무선 네트워크를 통해

필요한 정보를 공유하거나 처리하기 때문에, 피지컬 컴퓨팅은 사물 인터넷 분야를 구축하는 데 있어서 중요한 기술이라고 할 수 있다.

한편, 피지컬 컴퓨팅은 교육분야에도 널리 활용되기 시작했다. 프로그래밍을 처음 배우는 학생들에게 프로그래밍의 문법을 통한 교육은 학생들에게 매우 다가가기 힘들고 지루할 수 있다. 이러한 프로그래밍 초보 학생들에게 피지컬 컴퓨팅은 특정한 프로그래밍 언어의 단순한 문법을 배우고 그 결과를 확인하는 전통적인 방법에서 벗어나서, 물리적인 센서를 통해서 직접 데이터를 받아들이고, 이러한 입력받은 데이터를 처리하고 가공하여 그 결과를 단순한 텍스트 형태로 확인하는 것이 아니라 블록을 직접 조립하거나 로봇을 조정하고 작동하는 방식으로 프로그래밍을 배울 수 있다.

피지컬 컴퓨팅은 현실 세계의 데이터를 직접 입력받는 방법을 익히고 이를 프로그래밍 하여 그 결과를 센서로 내보내거나 로봇 등 다양한 출력기기를 통해서 표현할 수 있기 때문에, 프로그래밍을 보다 쉽게 배울 수 있다. 추상적인 예제가 아닌 일상생활에서의 문제해결에 보다 현실적으로 다가갈 수 있는 장점이 있다.

그 외, 피지컬 컴퓨팅은 직접 기기를 조립하거나 조정하는 과정이 필요하기 때문에 체험위주의 교육활동을 수행할 수 있으며, 또한 동료와 협동학습을 수행할 수 있고 의사소통능력과 더불어 리더십을 키울 수 있는 다양한 장점이 있다.

피지컬 컴퓨팅의 분류

피지컬 컴퓨팅은 다양한 형태로 분류할 수 있다.

1) 센서의 구성화 활용방법에 따른 분류

① 서킷보드-센서 조립형

이 타입은 회로가 납땜되어 있는 서킷보드(Circuit Board)나 격자 모양의 회로로 구성된 브레드보드(Breadboard)에 CPU를 포함하여, 다양한 장치를 사용자가 직접 조립하는 형태로서, 아두이노(Arduino)가 대표적인 유형이다.

② 서킷보드-센서 일체형

이 타입은 보드와 센서가 하나의 하드웨어로 제작된 형태이며, 일반적으로 우리가 생각하는 로봇이 전형적인 이 유형에 속한다. 대표적인 것 햄스터로봇으로서, 이 로봇은 바닥 센서, 습도 센서, 가속도 센서, 조도 센서, 온도 센서, 전방 거리센서 등 다양한 입·출력장치가 내장되어 있으며 또한 외부 확장 단자를 이용하여 외장 센서나 모터를 추가로 연결할 수 있다.

2) 형태에 따른 분류

(김재휘, 2016)에 따르면 피지컬 컴퓨팅 도구는 형태에 따라 로봇형, 모듈형, 보드형으로 구분할 수 있다. 첫째 로봇형은 센서와 모터 등의 입출력장치가 하나의 완성된 도구로 제작된 형태를 의미한다. 프로그래밍을 통하여 로봇을 조작할 수 있으며, 또한 다양한 센서를 활용하여 로봇이 장애물을 피해가거나 특정한 라인을 따라 갈 수 있게 하는 등 현실 세계와 다양한 상호작용이 가능한 형태라고 할 수 있다. 로봇형 도구는 완제품 형태로 이용할 수 있기 때문에 사용하는 것이 쉬운 장점이 있는 반면에, 비용이 비교적 비싸고 응용분야가 제한된다는 단점이 있다. 둘째로 모듈형은 다양한 입출력장치를 연결하여 마이크로 컨트롤러에 조립할 수 있으며, EPL(Educational Programming Language)등 프로그래밍 언어를 통해 조작할 수 있는 도구형태를 의미한다. 예를 들어, 레고 형태로 주어진 블록으로 조립할 수도 있고, 철사 등의 재료를 이용하여 원하는 형태를 만들 수 있다. 대표적인 예로서 레고 위두(Lego WeDo)와 비트브릭(BitBrick) 등이 있다. 모듈형은 사용자가 원하는 형태로 조립할 수 있으며 필요한 경우 다른 재료와 부품들을 함께 사용할 수 있어 응용분야가 넓은 반면, 가격이 비싸고 제품 간 호환이 어려운 단점이 있다. 마지막으로 보드형은 마이크로컨트롤러(Micro controller)를 포함한 전자보드 타입의 기판을 의미한다. 아두이노는 대표적인 오픈 하드웨어 보드이며, 아두이노는 전자소자나 확장 쉴드(Expansion Shield)를 이용하여 다양한 형태로 확장할 수 있는 반면에, 전기회로에 대한 사전 지식이 필요하기 때문에 초등학생들에게는 사용하기 어려운 단점이 있다.

3) 기술적 형태에 따른 분류

한편 (서정현, 2012)의 연구에 의하면 피지컬 컴퓨팅의 기술적 형태에 따른 분류는 다음과 같다.

디지털	입력	<ul style="list-style-type: none"> 외부 정보를 디지털 형태로 읽어 들이는 경우 스위치의 점멸 상태 읽기 등
	출력	<ul style="list-style-type: none"> 외부 장치를 디지털 형태로 제어하는 경우 LED 점멸, 스위치 점멸 등
아날로그	입력	<ul style="list-style-type: none"> 외부 정보를 아날로그 형태로 읽어 들이는 경우 사람의 몸무게, 조명의 조도 등
	출력	<ul style="list-style-type: none"> 외부 장치를 아날로그 형태로 제어하는 경우 LED의 밝기, 소리의 높낮이, 서보모터의 각도 제어 등

피지컬 컴퓨팅 교육의 효과

다양한 센서의 발전과 더불어 사용하기 쉬운 보드의 보급 등으로 인하여 피지컬 컴퓨팅 교육이 날로 인기가 높아지고 있으며 또한 보편화되고 있다. 기존의 문헌연구에서 피지컬 컴퓨팅교육의 효과에 관한 연구는 다음과 같다.

① 문제해결력

송정범의 연구에서는 피코 크리켓(Pico Cricket) 교육용 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이 초등학생들의 문제해결력에 대한 효과를 분석하였다. 초등학생들을 대상으로 연구 적용 및 분석결과는 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이 초등학생의 문제해결력 신장에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(송정범, 2008).

한편, 김혜진의 연구에서는 피지컬 컴퓨팅의 대표적인 보드인 아두이노를 이용하여 프로그래밍 교육을 중학생에게 실시하여 창의적 문제해결력에 대한 효과를 분석하였다. 구체적으로 실험집단과 통제집단을 구성하여, 실험집단은 아두이노를 활용한 스크래치 프로그래밍 수업을 적용하였으며, 통제 집단에는 기존의 스크래치 프로그래밍 수업(프로그래밍의 결과를 컴퓨터 화면에서 확인하는 형태)을 실시하였다. 두 집단의 학생들에 대한 창의적 문제해결력 효과를 비교하고 분석한 결과, 통제집단에 비해서 실험 집단의 창의적 문제해결력이 통계적으로 유의미하게 향상되었다(김혜진, 2016).

② 몰입도

몰입은 자기목적 활동에 온 힘을 다 쏟는 행동을 하게 될 때 사람들이 느끼는 총체적인 감정상태를 나타내며, 다음과 같은 9가지의 하위 요소로 구성되어 있다(Csikszentimihlyi, 1975).

첫째, 명확한 목표(Clear Goal)이며, 이것은 무엇을 할지 사전에 인지함으로써 행동을 지시하여 집중하도록 유도할 수 있다.

둘째, 즉각적인 피드백(Immediate Feedback)으로서, 이것은 활동에 필요한 정보를 지속적으로 제공하여 활동을 계속하도록 하는 원동력이다.

셋째, 도전과 기술의 균형(Challenges-Skills and Balance)이며, 이것은 상황에 맞닥뜨릴 때 개인의 도전의식과 능력 사이의 균형과 조화를 이루는 것이다.

넷째, 당면 과제에 대한 집중(Concentration on Task at Hand)이며, 이것은 학습자가 주위사람이나 환경을 의식하지 않고, 오직 자신이 수행중인 과제에만 온전히 집중하는 것을 의미한다.

다섯째, 행위와 인식의 통합(Action-Awareness Merging)이며, 이것은 학습자가 현재 수행가고 있는 학습활동에 완전히 몰두한 상태에서 학습자의 인식과 학습활동이 일체가 되는 것을 의미한다.

여섯째, 자의식의 상실(Loss of Self-consciousness)이며, 학습자의 입장에서 자신과 학습활동이 하나가 되어 자의식이 사라지는 것을 의미한다. 따라서 학습자는 현재 수행하는 학습활동에 모든 관심을 집중하게 되어 학습활동의 효율성을 높이게 된다.

일곱째, 시간감각의 왜곡(Altered Sense of Time)이며, 이것은 학습자가 활동을 하면서 상당한 시간이 경과했는데도 시간이 많이 지나지 않은 것처럼 느끼는 경험을 의미한다.

여덟째, 통제감(Sense of Control)이며, 이것은 학습자가 자기 통제감과 더불어 자신감을 느끼는 동시에, 실패에 대한 두려움에서 자유로운 상태를 의미한다.

아홉째, 자기목적적 경험(Autotelic Experience)이며, 이것은 학습자가 학습 경험 그 자체에 목적을 둔 상태로 또한 내적 보상을 수반한 몰입을 느끼는 상태를 의미한다.

한편, 위의 9가지 요소는 다음 표와 같이 선행 요소(Antecedents), 경험 요소(Experiences), 효과 요소(Effects)와 같은 3단계로 범주화할 수 있다(Chen,1997) 선행 요소는 몰입이 촉진되는 조건이며, 이 조건이 충족되면 학습자는 과제에 대한 집중력이 강화되어 몰두할 수 있게 되며, 학습과제에 대한 통제감을 경험을 하게 된다. 효과 요소는 몰입상태를 경험한 후에 수반되는 개인적인 내재적 보상 경험을 의미한다.

범주	하위요소
선행요소	명확한 목표
	즉각적인 피드백
	도전과 기술의 균형
경험요소	당면과제에 대한 집중
	행위와 인식의 통합
	통제감
효과요소	자의식의 상실
	시간감각의 왜곡
	자기목적 경험

유인환의 연구에서는 피지컬 컴퓨팅이 몰입에 미치는 영향을 다음과 같이 분석하였다. 즉 실험 결과 하위 요소인 선행, 경험, 효과 모두 유의미하게 향상되었으며, 또한 로봇 활용은 학습자 몰입에 매우 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 분석되었다. 또한 로봇의 활용은 몰입이 발생하도록 하는 전제조건으로서 작용하고 있고 이에 따라 경험 요소가 높아지며, 학습자가 느끼는 내재적 보상이 특히 크다고 주장하였다(유인환, 2013).

③ 컴퓨팅 사고력

김재휘의 연구에서는 피지컬 컴퓨팅이 컴퓨팅 사고력(Computational Thinking: CT)에 끼치는 영향을

조사하였다. 본 연구에서는 초등학생들도 쉽게 배울 수 있고 이용할 수 있는 엔트리와 센서보드를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육과정을 초등학생들을 대상으로 적용하였다. 연구 결과 문제 중심 EPL 교육과정을 적용한 비교집단과 문제 중심 EPL 교육과정과 피지컬 컴퓨팅 교육과정을 추가로 적용한 실험집단 모두 컴퓨팅 사고력 향상에 유의미한 효과를 나타내었다. 구체적으로 문제 중심 EPL 교육과정과 센서보드를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육과정이 학습자의 컴퓨팅 사고력 관련 문제해결력을 신장시키는 데 기여하였으며, 프로그래밍 교육만 받을 때보다 피지컬 컴퓨팅 교육이 함께 이루어질 때 만족도와 컴퓨팅 사고력 관련 문제해결력의 향상 측면에서 더 효과가 있다고 주장하였다(김재휘, 2016).

한편 김미영의 연구에서는 피지컬컴퓨팅 활용 과학적 문제해결교육(SciPS_CT)을 실시하여 학생들의 CT에 미치는 영향을 알아보고 CT 실천에서의 특성을 탐색하였다. 이를 위해 서울지역 여고생 1학년 22명을 대상으로 SciPS_CT를 실시한 후, 사전사후 t검정을 통해 학생들의 CT가 매우 유의미하게 향상되었음을 밝혀냈다. 특히 CT의 수준이 중과 하인 집단의 학생들에서는 유의미하게 향상되었으나, 상위 집단에서는 유의한 향상이 나타나지 않았다(김미영, 2020).

④ 학습 성취도와 흥미도

김찬웅의 연구에서는 피지컬 컴퓨팅이 학습 성취도와 학습 흥미도에 미치는 영향을 분석하였다. 구체적으로 피지컬 컴퓨팅을 활용한 정보과학 수업이 학생들의 학습 성취도와 학습 흥미도에 미치는 차이를 검증하기 위하여 논리적 사고력을 활용한 사전 검사를 실시하였다. 또한 사후 검사로 학습 성취도 검사와 학습 흥미도 검사를 실시하여 실험집단과 통제집단의 차이를 검증하였다. 본 연구결과로서 첫째, 정규 교과 수업 시간에서 피지컬 컴퓨팅 수업을 적용한 실험집단 학생들의 학업 성취도는 실과 교육과정의 전자 회로 수업을 적용한 통제집단 학생들의 학업 성취도와 유의미한 차이가 있음을 밝혀냈다. 둘째, 실험집단과 통제집단 학생들의 학습 흥미도는 유의미한 차이가 나타나지 않았다(김찬웅, 2014; 김찬웅, 2017).

⑤ 창의력과 논리적 사고력

채제호의 연구에서는 로봇을 활용한 프로그래밍 교육이 초등학생의 논리적 사고력에 끼치는 영향을 분석하였다. 로봇기반 프로그래밍 학습 프로그램을 개발하여, 교육대학교 부설 정보영재교육원의 초등정보영재학생을 대상으로 적용한 결과, 논리적 사고력의 하위요소 중에서 비례 논리, 확률 논리, 상관 논리, 및 조합 논리가 향상된 것으로 조사되었다. 이를 바탕으로 로봇기반 프로그래밍 학습이 학습자의 논리적 사고력을 신장시킨다고 기여한다고 주장하였다(채제호, 2008).

이영주의 연구에서는 스크래치 프로그래밍 교육과 ICT 활용 교육이 초등학생의 논리적 사고력에 대한 영향을 분석하였다. 구체적으로 이 연구에서는 초등학교 6학년을 대상으로 스크래치 프로그래밍 언어를 활용하여 ICT 활용교육과의 비교를 통하여 학생들의 논리적 사고력에 미치는 영향을 분석하였다. 실험결과 스크래치 프로그래밍 수업의 적용이 문제해결력과 논리적 사고력에 긍정적인 영향을 끼친다고 주장하

였다. 특히 논리적 사고력의 경우 6가지 하위요소가 모두 향상되었는데 특히 비례논리, 변인통제논리, 조합논리에서 통계적으로 유의한 향상을 보였다(이영주, 2010).

장윤희의 연구에서는 스크래치 언어 기반의 로봇 활용 수업이 초등학생의 창의성과 논리적 사고력에 끼치는 영향을 분석하였다. 본 연구에서는 스크래치 언어와 교육용 로봇을 융합하여 초등학생들에게 적용하여, 학생들의 논리적 사고력과 창의성 함양여부를 분석하였다. 개발한 교육 프로그램의 창의성과 논리적 사고력의 효과를 검증하기 위하여 실험집단을 대상으로 하는 사전-사후 검사를 실시하였다. 검증 결과, 학습자의 논리적 사고력과 창의성, 특히 창의성의 하위 지표 중 유창성과 독창성이 향상되었음을 확인하였다(장윤희, 2015).

한규정의 연구에서는 아두이노를 교과에 활용하는 방안의 연구를 수행하였다. 인천의 한 초등학교 학생 28명을 대상으로 한 학기동안 창의적 체험활동 시간에 교과와 관련이 있는 7개의 주제로 교육을 실시하였다. 교육의 실시 후 16개의 선택형 문항과 2개의 서술식 설문에 대해 학생들은 매우 높은 교육 만족도를 보였고, 특히 서술식 문항에서는 학생들 스스로가 창의성이 신장된 것 같다는 의견이 많았다고 주장하였다(한규정, 2016).

이철현의 연구에서는 비프로그래밍 경험 초등학교 고학년 학생들에게 마이크로비트 보드를 활용한 교육 프로그램을 개발하고 적용하여, 학생들의 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 조사하였다. 연구 결과 마이크로비트를 활용한 피지컬 컴퓨팅 교육은 초등학교 학생들의 확산적 사고와 비판적·논리적 사고에 유의미한 효과가 있었다(이철현, 2021).

⑥ 자기주도력 학습능력

권구봉의 연구에서는 프로그래밍 학습에 어려움이 있는 전문계 고등학생들을 위하여 로봇을 활용한 문제 중심기반 프로그래밍 교수-학습 과정을 설계하고 적용하였다. 한 공업고등학교 3학년의 2개 학급에 실험집단과 통제집단을 설정하여, 실험집단은 로봇을 활용한 문제중심의 프로그래밍 학습을 적용하고 통제집단에는 로봇을 활용하지 않은 문제중심의 프로그래밍 학습을 적용하였다. 적용 결과, 로봇을 활용한 프로그래밍 활동이 학생들의 자기주도 학습 능력을 향상시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다(권구봉, 2012).

⑦ 창의·융합 사고력

최속영은 앱 인벤터와 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 교육이 공업계 고등학교 학생들에 대한 창의·융합적 사고에 끼치는 영향을 조사하였다. 연구 결과, 창의적 문제해결력의 하위요소인 확산적 사고와 동기적 요소에 유의미한 향상이 있었다. 이를 통하여, 앱 인벤터와 아두이노를 활용한 피지컬컴퓨팅 교육이 학생들의 창의·융합적인 사고 향상에 긍정적인 영향을 미친다고 주장하였다(최속영, 2016).

인공지능시대에서 피지컬 컴퓨팅교육의 성공요인

2000년대 이후 4차 산업혁명시대의 도래와 더불어 인공지능시대가 본격적으로 진행되고 있다. 초연결(Hyper-connectivity)와 초지능(Super-intelligence)의 두가지 키워드로 대표되는 4차 산업혁명의 중심은 인공지능이 자리를 잡고 있다. 즉 4차 산업혁명을 유지하는 중심은 인공지능에 대한 기술, 활용, 윤리 및 사회적인 현상 등이 핵심이 되고 있다. 학교현장에서는 이러한 인공지능시대를 이끌고 갈 인재를 양성하기 위해서 인공지능을 초·중·고등학교 교육과정에 도입하려는 움직임이 활발하게 진행되고 있다.

피지컬 컴퓨팅교육은 이러한 인공지능시대의 교육을 실제로 이끌고 갈 핵심교육이 되고 있다. 즉 인공지능시대에서 있어서 다양한 기술개발 등 기술선도인력의 양성과 더불어 적어도 인공지능시대에 뒤떨어지지 않기 위해서 다양한 인공지능기술을 활용할 수 있는 경쟁력 있는 인재상을 이루기 위해서 그 실제적인 핵심은 피지컬 컴퓨팅교육이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 인공지능시대에서 피지컬 컴퓨팅교육을 성공적으로 이끌기 위해서 다음과 같이 3가지 관점에서 필요한 성공요인을 제시한다.

1) 피지컬 컴퓨팅 교구선택 기준

성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 실시하기 위해서는 무엇보다도 올바른 피지컬 컴퓨팅 교구를 선택해야 한다. 피지컬 컴퓨팅 교구는 학습목적이 이외에도 안전성, 비용 등 다양한 요소를 고려해야 한다. 피지컬 컴퓨팅 교구의 사용이 늘어날수록 보다 객관적이고 보편화된 교구 선택기준이 마련되어야 하며, 한편 다양한 로봇과 보드가 개발됨에 따라 교구별로 세분화된 선택기준도 개발할 필요가 있다. 본 원고에서는 참고로 이영재의 초등학교에서의 피지컬 컴퓨팅교육을 위한 교구 선택기준을 다음과 같이 소개한다(이영재, 2016).

번호	선택기준	세부기준
1	안전성	· 국가에서 승인한 제품이어야 한다.
		· 안전사고에 대한 위험이 없어야 한다.
		· 건강에 해로울 수 있는 재료를 사용하지 말아야 한다.
2	호환성	· 다양한 교육 활동에 사용 가능해야 한다.
		· 다른 교구 및 학습자료와 융합이 가능해야 한다.
3	발달 적절성	· 초등학생들의 발달단계와 적합해야 한다.
		· 초등학생들에게 흥미를 유발해야 한다.
4	다기능성	· (하드웨어) 교구는 내장 또는 추가 부품과의 연결을 통하여 다기능을 지원해야 한다.
		· (소프트웨어) 다양한 교육용 프로그래밍 언어를 지원하고 연동해야 한다.

5	조작의 용이성 및 성능의 신뢰성	· (일반교사) 간단한 연수를 통하여 수월하게 수업에 활용할 수 있어야 한다.
		· (학생) 사용법에 대한 간단한 학습을 통해 쉽게 사용할 수 있어야 한다.
		· 프로그램의 실행 결과는 교사와 학생들의 수준에서 설명할 수 있는 정확도가 있어야 한다.
6	교육과정 적합성	· 교육과정에서 요구하는 활동[순차(Sequence)/반복(Iteration)/조건(Conditional Branch)]이 가능해야 한다.
		· 블록기반 프로그램을 이용할 수 있어야 한다.
7	경제성	· 학교의 예산 내에서 구입이 용이한 가격이어야 한다.
8	서비스	· 제품의 기능이 충분히 안내되어야 한다.
		· 교육활동에 필요한 자료를 쉽고 다양하게 획득할 수 있어야 한다.
		· 고장 및 파손이 발생할 경우 수리 또는 교환이 수월해야 한다.
9	내구성	· 학생들이 반복적으로 사용해도 고장·파손이 일어나지 말아야 한다.
		· 교육활동 중 발생하는 사소한 충격(부딪힘, 떨어짐 등)에도 견딜 수 있어야 한다.

2) 피지컬 컴퓨팅 교육 교수-학습 방법

올바른 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 교구의 선택과 더불어 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한 다양하고 교육목적에 맞는 활동을 전개하기 위해서는 다양한 교수-학습 방법이 개발되어야 한다. 교수-학습 방법은 기존의 도구 활용기반의 교수-학습 방법과는 다양한 차이가 있다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 교육은 디지털 기반의 입력과 출력장치와 더불어 보드를 사용하기 때문에, 보다 정교하고 세밀한 안내와 동기가 부여되어야 한다. 즉 학생들이 원하는 활동을 하기 위해서는 기본적으로 디지털 도구와 친숙해질 수 있도록 충분한 사전 안내와 흥미를 유발할 수 있도록 하는 동기를 부여해야 한다.

둘째, 피지컬 컴퓨팅 교육의 핵심은 정보교육의 핵심인 알고리즘교육과 프로그래밍교육이 그대로 적용되기 때문에 기존의 프로그래밍 교육방식과는 달리 다양한 방식의 알고리즘교육과 프로그래밍교육을 전달하는 과정이 필요하다.

셋째, 수업에 참여하는 학생들의 자기 성찰과정을 반영해야 한다. 피지컬 컴퓨팅 교육은 피지컬 컴퓨팅 교구를 사용하기 때문에 체험수업의 특성상 학생들의 흥미를 유발하는 동시에 피상적인 수업이 될 수 있다. 즉 열심히 수업에 참여해서 학생들이 흥미를 가졌지만 수업 후에는 학생들이 실질적으로 얻는 지식과 학습경험이 적을 수 있다. 이를 보완하기 위해서 반드시 경험공유나 활동 재구성을 통해서 학생들이 지식을 재구성 할 수 있는 성찰과정을 포함해야 한다.

즉 피지컬 컴퓨팅 교육의 교수-학습 방법은 지속적으로 개발되고 적용되어 효과적인 교수-학습 방법을 꾸준히 발견해야 한다. 한편 기존의 포괄적인 교수-학습 방법으로는 김진숙의 연구를 다음과 같이 소개한다. 김진숙의 연구에서는 피지컬 컴퓨팅 교육 교수-학습 방법을 다음과 같이 5가지 형태의 포괄적인 방법으로 제시하였다(김진숙, 2015).

구분	절차	설명
시연중심모델	시연(Demonstration)	교사의 설명과 시범, 표준모형 제시
	모방(Modeling)	학생들의 모방, 질문과 대답
	제작(Making)	단계적, 독립적 연습, 반복을 통한 기능 습득
재구성 중심모델	놀이(Use)	학습자 체험 활동, 관찰과 탐색
	수정(Modify)	교사가 모듈과 알고리즘을 의도적으로 변형하여 제시
	재구성(Re-create)	놀이와 활동을 확장하여 자신만의 프로그램을 설계하고 제작
개발중심모델	탐구(Discovery)	탐색과 발견을 통한 지식의 구성
	설계(Design)	알고리즘의 계획과 설계
	개발(Development)	프로그래밍 언어를 통한 구현과 피드백
디자인중심모델	요구분석(Needs)	주어진 문제에 대한 고찰과 더불어 사용자 중심의 요구 분석
	디자인(Design)	분해와 패턴발견, 알고리즘 설계
	구현(Implementation)	프로그래밍과 피지컬 컴퓨팅을 통한 산출물 구현
	공유(Share)	산출물 공유와 더불어 피드백을 통한 자기성찰
CT요소 중심모델	분해(Decomposition)	컴퓨터로 해결가능한 단위로 문제 분해
	패턴인식(Pattern Recognition)	반복하는 일정한 경향과 규칙 탐색
	추상화(Abstraction)	문제 단순화, 패턴인식을 통해 발견한 원리의 공식화
	알고리즘(Algorithm)	추상화된 원리를 절차적인 원리로 구성
	프로그래밍(Programming)	컴퓨터가 이해하는 언어로 구현/실행

3) 피지컬 컴퓨팅 교육 학습자 평가기준

한편, 성공적인 피지컬 컴퓨팅 교육을 이루기 위해서는 피지컬 컴퓨팅 교육환경에서의 올바른 학습자 평가기준이 필요하다. 기존에 다양한 교육평가방법과 기준이 많이 발표되었으나 피지컬 컴퓨팅 교육이라는 새로운 환경과 더불어 특히 도구가 날로 발전하는 환경에서 현실적인 교육환경과 교육목표를 달성하기 위한 객관적인 학습자 평가기준이 개발되어야 하며, 그 적정성과 효과성이 검증되어야 한다. 기존의 연구로서 본 원고의 저자는 피지컬 컴퓨팅 교육에서의 학생평가방법을 제안하였다. 구체적인 연구결과물로서 9개 분야와 23개의 척도를 초등 정보교육 전문가에게 설문조사를 통해서 개발하였다(Jun, 2018). 향후 보다 다양하고 또한 세부적인 교육환경과 교육대상으로 하는 객관적인 학습자 평가기준의 개발이 무엇보다도 필요하다

번호	분야	척도
1	학생안내	(학생들은) 학습 목표를 미리 또는 초기에 알고 있는가?
		(학생들은) 필요한 배경지식을 알고 있는가?
		(학생들은) 필요한 장비 또는 교구를 알고 있는가?
		(학생들은) 필요한 학습 자료를 알고 있는가?

2	협력활동	각 학생은 활동에서 적절한 역할이 있는가?
		학생그룹에 리더가 있는가?
		학습활동 중에 다양한 방법을 통해서 서로 소통할 수 있는가?
3	안전성	(학생들은) 활동에 필요한 안전 규정을 알고 있는가?
		(학생들은) 활동 중에 부품을 파손했는가?
4	산출물	(학생들은) 활동 종료 후에 산출물을 제작해야 하는가?
		(학생들은) 산출물을 예상(구상)한대로 제작했는가?
		(학생들은) 학습활동에 대한 자신만의 리뷰 또는 후기를 표현할 기회가 주어졌는가?
5	보고서	(학생들은) 활동 중에 필요한 보고서를 작성해야 하는가?
		(학생들은) 활동 종료 후에 최종 보고서를 작성해야 하는가?
6	태도	(학생들은) 활동 중에 좋은 태도를 보였는가?
		(학생들은) 다툼을 일으켜 활동을 중단했는가?
7	수업시간	(학생들은) 전체 수업에 적당한 시간을 보냈는가?
		(학생들은) 특정 활동에 너무 많은 시간을 보냈는가?
8	감성	(학생들은) 활동에 만족하나?
		(학생들은) 활동에 관심 있나?
		(학생들은) 활동 후에 수업내용에 대한 자신감을 갖게 되었나?
9	이론	(학생들은) 활동의 원리나 이론을 숙지하는가?
		(학생들은) 이론과 활동을 연결할 수 있는가?

마무리

21세기 인공지능시대는 이미 시작되었으며 현재 우리사회의 중심 키워드라고 할 수 있다. 또한 인공지능은 당분간 현대사회를 주도하고 또한 미래의 핵심 성장 동력이라는 점은 분명하다. 인공지능시대를 이끌어 갈 선도적인 인재를 양성하는 것은 현재 우리나라의 교육 목표임을 누구도 부인할 수 없다. 이러한 인공지능시대의 교육의 구체적인 핵심전략에 피지컬 컴퓨팅 교육이 자리를 잡고 있다.

피지컬 컴퓨팅 교육은 단순히 정보교육 또는 소프트웨어교육의 한 분야로 인식해서는 안 된다. 왜냐하면 피지컬 컴퓨팅 교육은 교육을 비롯해서 다양한 분야들이 서로 융합되어 있기 때문이다. 즉 피지컬 컴퓨팅 교육이 성공하기 위해서는 단순한 교육 분야에서의 노력으로는 부족하며 궁극적으로 인공지능 기술의 발전, 인공지능 기술과 활용의 교육 분야에 대한 지원, 인공지능 기술의 혜택과 부작용에 대한 사회적인 이슈와 윤리적인 이슈의 부각 및 논의 등 교육분야 뿐만 아니라 과학기술, 인문사회 등 다양한 분야가 협력할 때 피지컬 컴퓨팅 교육이 성공적으로 뿌리를 내릴 수 있다.

[참고문헌]

- [1] 권구봉, 서영민, 이영준, 전문계 고등학교 학생을 위한 로봇 활용 문제 중심 프로그래밍 교수-학습 설계, 교원교육, Vol. 28, No. 3, pp. 53-65, 2012년.
- [2] 김미영, 김성원, 피지컬컴퓨팅 활용 과학적 문제해결교육이 고등학생의 컴퓨팅사고(CT)에 미치는 효과, 학습자중심교과교육학회지, Vol. 20, No. 8, pp. 387-410, 2020년.
- [3] 김재휘, 김동호, 컴퓨팅 사고력 향상을 위한 초등 피지컬 컴퓨팅 교육과정 개발, 한국정보교육학회논문지, Vol. 20, No. 1, pp. 69-82, 2016년.
- [4] 김진숙, SW교육 교수학습 모형 개발 연구, 수탁연구 CR 2015-35, 한국교육학술정보원, 2015년.
- [5] 김찬웅, 초등학교 정보과학 연관 교과에 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 적용방안 연구, 경인교육대학교 석사학위논문, 2014년.
- [6] 김찬웅, 허경, 초등 교과에 아두이노 장치를 이용한 피지컬컴퓨팅 교육 적용방안 연구, 교육논총, Vol. 37, No. 1, pp. 183-197, 2017년.
- [7] 김혜진, 서정현, 김영식, 아두이노를 연계한 스캐리치 프로그래밍 교육이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향, 학습자중심교과교육연구, Vol. 16, No. 12, pp. 707-724, 2016년.
- [8] 서정현, 김영식, 아두이노(Arduino)를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 교육적 활용 방안 연구, 2012년 한국컴퓨터교육학회 하계 학술발표논문지, 제16권 제2호, pp. 103-107, 2012년.
- [9] 송정범, 이태욱, 피크 크리켓(Pico Cricket)을 활용한 프로그래밍 교육이 문제해결력에 미치는 효과, 실과교육연구, Vol. 14, No. 4, pp. 243-258, 2008년.
- [10] 유인환, 프로그래밍 초급과정에서 로봇의 활용이 몰입에 미치는 영향, 한국정보교육학회논문지, Vol. 17, No. 3, pp. 329-337, 2013년.
- [11] 이영재, 김영식, 초등학생의 소프트웨어 교육을 위한 피지컬 컴퓨팅 교구 선정기준 개발, 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, Vol. 20, No. 2, pp. 35-38, 2016년.
- [12] 이영주, 이재성, Scratch 프로그래밍 교육과 ICT 활용 교육이 논리적 사고력에 미치는 영향 비교, 한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, Vol. 14, No. 2, 267-272, 2010년.
- [13] 이철현, 김경태, 마이크로비트 피지컬 컴퓨팅 교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 효과, 한국실과교육학회지, Vol. 34, No. 1, pp. 85-111, 2021년.
- [14] 장윤호, 스크래치 프로그래밍 기반 교육용 로봇 활용 수업이 초등학생의 창의성과 논리적 사고력에 미치는 영향, 석사학위논문, 건국대학교, 2015년.
- [15] 채제호, 배영권, 유인환, 로봇프로그래밍 학습이 초등학생의 논리적 사고력 신장에 미치는 영향, 교원교육, Vol. 24, No. 2, pp. 361-376, 2008년.
- [16] 최숙영, 김세민, 앱 인벤터와 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 교육이 공업계 고등학생의 창의·융합적 사고에 미치는 영향, 한국컴퓨터교육학회 논문지, Vol. 19, No. 6, pp. 45-54, 2016년.
- [17] 한규정, 아두이노 기반의 교과 활용 방안에 관한 연구, 교육논총, Vol. 53, No. 1, pp. 1-19, 2016년.
- [18] M. Csikszentimihlyi, Beyond Boredom and Anxiety, San Francisco: Jossey Bass, 1975.
- [19] H. Chen, R. Wigand, M. Nilan, Optimal Experience of Web Activities, Computer in Human Behavior, Vol. 15, No. 5, pp. 585-608, 1997.
- [20] Wochun Jun, Development of Evaluation Standards of Learners for Physical Computing, Proceedings of 2018 International Conference on ICT Convergence, Jeju, Korea, pp. 285-290, 2018.

발행일	2021년 9월
발행처	한국인터넷진흥원 (전라남도 나주시 진흥길 9)
기획	한국인터넷진흥원 미래정책연구실 정책분석팀
편집	(주) 해리