

# 학교 과학 탐구에 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용하는 과정에서 나타난 기술적 어려움 연구

## A Study on the Technical Difficulties during the Application of Physical Computing and Internet of Things to School Science Inquiry

가석현<sup>\*,\*\*</sup> · 차현정<sup>†0</sup> · 박창미<sup>†</sup> · 김찬종<sup>†</sup>

<sup>†</sup>서울대학교 지구과학교육과

<sup>\*\*</sup>한국방송통신대학교 컴퓨터과학과

Seok-Hyun, Ga<sup>\*,\*\*</sup> · Hyun-Jung, Cha<sup>†,0</sup> · Changmi, Park<sup>†</sup> · Chan-Jong, Kim<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Earth Science Education, Seoul National University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Computer Science, Korea Open National University

### 요약

과학교육에 신기술의 바람이 불어 들어오고 있다. 교육부는 2019년 5월, ‘과학교육 종합계획’을 수립하면서 2024년까지 모든 학교에 지능형 과학실을 구축할 계획이라고 발표하였다. 사물 인터넷은 지능형 과학실을 구성하는 여러 기술 중 과학탐구를 증진할 수 있는 핵심 기술로 교육부에서 또한 실제 데이터(real data)를 기반으로 한 과학탐구를 진행할 수 있는 환경을 구축하기 위해, 이를 지원하는 온라인 플랫폼을 개발하고 보급할 계획이라 밝힌 바가 있다. 하지만 그동안 학교 현장에 새로운 기술이 진입하는 과정에서 많은 실패가 있었다. 교사들은 새로운 기술을 도입하는 과정에서 기술적인 문제 상황을 겪은 안 좋은 경험들을 자주 겪었고, 이러한 경험들은 교사들이 새로운 기술 도입을 꺼리는 원인이 되었다. 이 연구는 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용한 과학탐구를 시범적으로 적용해보고, 그 과정에서 나타난 기술적 어려움에 대해 분석하였다. 이 연구는 교사들이 현장에서 마주하게 될 기술적인 어려움을 미리 파악하고 이에 대해 대응하는 환경을 사전에 조기 구축함으로써 학교 현장에 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용한 과학탐구가 안정적으로 정착하는 데 도움을 줄 것으로 기대된다.

**주제어:** 지능형 과학실, 지능형 과학탐구, 피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷, IoT, 아두이노, 참탐구

## 1. 서론

과학교육에 신기술의 바람이 불어 들어오고 있다. 교육부는 2019년 5월, ‘과학교육 종합계획’을 수립하면서 2024년까지 모든 학교에 지능형 과학실을 구축할 계획이라고 발표하였다. 지능형 과학실이란 IoT, AI, Mobile, Cloud, Big Data 등과 같은 지능정보기술을 바탕으로 구현된 과학탐구 실험 활동 및 융합적 교육 활동이 가능한 과학실을 의미한다[1]. 사물 인터넷은 지능형 과학실을 구성하는 여러 기술 중 과학탐구를 증진할 수 있는 핵심 기술이다[2]. 교육부에서 또한 미국국립해양대기청(NOAA)의 ‘Smart Buoy Project’와 싱가포르 Bishan Park 중학교의 ‘ICT 센서를 활용한 실제적 학습(Authentic Learning)’을 예로 들면서 실제 데이터(real data)를 기반으로 한 과학탐구를 진행할 수 있는 환경을 구축하기 위해, 이를 지원하는 온라인 플랫폼을 개

발하고 보급할 계획이라 밝혔다[1].

그동안 학교 현장에 새로운 기술이 진입하는 과정에서 많은 실패가 있었다. 교사들은 새로운 기술을 도입하는 과정에서 기술적인 문제 상황을 겪은 안 좋은 경험들을 자주 겪었고, 이러한 경험들은 교사들이 새로운 기술 도입을 꺼리는 원인이 되었다[3][4]. 이 연구는 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용한 과학탐구를 시범적으로 적용해보고, 그 과정에서 나타난 기술적 어려움에 대해 분석하였다.

## 2. 배경

### 2.1 지능형 과학탐구

교육부(2020)의 과학교육 종합계획에는 IoT와 AI, Mobile, Cloud, Big Data 등과 같은 지능정보기술을 바탕으로 구현된 과

\* 이 성과는 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020R1A2C1014534)

학실을 지능형 과학실이라 정의하고 있다[1]. 따라서 이를 이용한 과학탐구를 지능형 과학탐구라 볼 수 있다. 하지만 이러한 정의는 매우 모호하다. 나열된 5가지는 단순히 기술 그 자체이기 때문에 이러한 기술들이 과학탐구를 지원하기 위해서 어떻게 기술들을 활용할 것인지를 명확하게 보여주지 못한다. 따라서 이에 대한 모호함을 명확하게 하도록 이 연구에서의 지능형 과학탐구는 다음과 같은 특징들을 갖는 과학탐구로 규정짓고자 한다.

- 기본이 되는 기술은 피지컬 컴퓨팅이다.
- Arduino나 Raspberry Pi와 같은 개발 보드에 각종 센서나 액추에이터를 연결하여 과학탐구를 수행한다.
- 각종 센서를 통해 수집된 데이터들은 모바일을 통해 인터넷으로 전송되며 클라우드 공간에 데이터들이 체계적으로 저장된다.
- 모바일과 클라우드의 기술을 피지컬 컴퓨팅에 도입하여 사물 인터넷(IoT)을 구현하는 것이다.
- 이렇게 수집된 각종 데이터와 전문 장비들을 이용해 측정된 공공데이터들이 합쳐져서 빅데이터(Big Data)를 형성한다.
- 형성된 빅데이터는 다시 학생들에 의해 분석이 된다.

## 2.2 기술적 어려움

ICT를 도입한 교육의 성패를 가지고 짓는 가장 큰 요소는 기술적인 어려움이다. 기술적 문제 상황이 발생했을 때, 교수자가 이를 적절하게 해결을 하지 못하면 정상적인 수업을 진행할 수 없는 난처한 상황에 이르는 경우가 많다. 이러한 부정적인 경험은 교사가 새로운 기술을 도입하는 것을 꺼리는 원인이 되었다[3][4]. 교육의 변화에 대한 이전의 모델들은 단순히 교사가 새로운 장비나 설비를 접하고 이에 대한 교육을 받으면 자연스럽게 교실에서 이러한 새로운 기술의 통합이 일어난다고 보았다[5]. 하지만 이는 이전 세대의 교육 변화에 적용될 뿐 오늘날의 ICT 기술에는 적용할 수가 없다. ICT의 변화는 자연스럽게 교사들의 일상에 녹아들지 못하며, 개인과 조직, 사회의 변화가 수반되어야 한다(Kerr, 1996; Sandholtz, Ringstaff, & Dwyer, 1997).

## 3. 연구 설계

피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용한 과학탐구에 관한 선행 사례가 적기 때문에 피실험 집단을 보수적으로 설정하였다. 여기서 보수적으로 설정을 했다는 것은 수업 설계가 다소 미진하더라도 수업을 잘 소화해낼 수 있는 집단을 대상으로 연구를 진행했다는 것을 의미한다. 수도권 소재 사범대학에 재학 중인 과학교육 전공 5명의 학생을 대상으로 수업이 진행되었다. 여름 방학 기간 중 8주간의 특강으로 진행되었으며, 전반부(4주)는 피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 구현하는 프로그래밍 교육에 주안점을 두어 진행하였고, 후반부(4주)는 전반부 학습 내용을 바탕으로 과학탐구 프로젝트를 진행하였다. 매주 1회, 50분으로 구성된 3차

시의 수업이 연속으로 진행되었다. 프로젝트는 코로나19 범유행으로 인해 개별로 진행되었다. 이 연구는 기술적 어려움에 초점을 맞추기 때문에 주로 전반부 수업에 대한 분석이 이루어졌다.

〈표 1〉 수업 설계

주차	차시	수업 내용
1주차	1차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷의 개념</li> <li>• 아두이노 보드의 구조</li> <li>• 오토데스크 아두이노 썬킷으로 회로 만들기</li> </ul>
	2차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 신호와 아날로그 신호</li> <li>• 저항과 브레드 보드</li> <li>• 시리얼 모니터</li> </ul>
	3차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 디지털 입출력</li> <li>- LED 깜빡이기</li> <li>- 푸시버튼</li> <li>- 슬라이드 스위치, PIR센서</li> </ul>
2주차	4차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아날로그 입출력</li> <li>- 가변 저항</li> <li>- 조도, 온도 센서</li> </ul>
	5차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 펄스폭 변조의 원리(PWM)</li> <li>• 아날로그 입출력</li> <li>- 삼색 LED, DC모터</li> </ul>
	6차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 함수와 라이브러리</li> <li>- 함수의 정의</li> <li>- 아두이노 라이브러리 이용하기</li> </ul>
3주차	7차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IoT의 개념</li> <li>• 센서와 액추에이터</li> <li>- 온습도 센서 (DHT11)</li> </ul>
	8차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WiFi(ESP-01S) 통신모듈의 이용</li> <li>- UART 통신의 이해</li> <li>- WiFi baud-rate 변경</li> <li>- WiFi 모듈로 무선 라우터 접속</li> </ul>
	9차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thingsboard Platform의 이용</li> <li>- IoT 플랫폼의 역할</li> <li>- WiFi 모듈로 IoT 플랫폼에 데이터 전송</li> </ul>
4주차	10차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thingsboard 실습</li> <li>- 온습도를 측정해서 IoT 플랫폼으로 전송</li> <li>- IoT 플랫폼으로 데이터 분석</li> </ul>
	11차시	
	12차시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 센서 실습</li> <li>- 웹에서 라이브러리 찾기</li> <li>- 새로운 코드를 기존 코드와 통합시키기</li> <li>- 미세먼지, 이산화 탄소, 조도, 온습도 등 새로운 센서를 직접 코딩하기</li> </ul>
5주차		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학탐구 프로젝트 설계</li> </ul>
6~8주차		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 수집 및 분석 등</li> </ul>

## 4. 연구 결과

피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 적용한 과학 탐구 수업의 시범 적용과정에서 다음과 같은 어려움을 발견하였다.

첫째, 기술적 문제에 개입된 변수가 너무 많아, 문제를 해결하기 위해서는 많은 배경 지식과 경험이 필요했다. 예를 들면, 3주차 수업을 준비하는 과정에서 WiFi 모듈(ESP-01S)이 정상적으로 작동하지 않았다. 그 상황에서 원인을 파악하기가 무척 어려웠고 8시간 이상을 원인을 찾는데 하례하였다. 결국, 알아낸 문제점은 3가지였다. (1) 해당 모듈은 UART 통신을 사용하였는데 RX와 TX를 양단에 교차로 연결하지 않았고 (2) 모듈의 통신 속도를 9600bps가 아닌 기본값이었던 115200bps로 그대로 두었고 (3) 2.4GHz가 아닌 5GHz 대역의 SSID에 접속을 시도한 것이 문제였다. 이러한 문제를 파악하기 위해서는 UART 통신에서 RX

와 TX 포트의 역할에 대해 이해하고 있어야 했고, 실습에 사용되었던 Arduino UNO의 SoftwareSerial은 높은 baud rate에서 오작동을 유발한다는 것을 알고 있어야 했다. 또한, ESP-01S 모듈이 801.11bgn 규격만을 지원하기 때문에 2.4GHz 대역의 WiFi만 접속할 수 있다는 것도 알아야 했다. 앞서 언급한 정보들을 명확하게 알기 위해서는 또 개발 보드와 모듈 간의 통신 방식에 대한 이해가 있어야 했고, UART 통신에서 baud rate가 무엇을 의미하는지, SoftwareSerial이라는 것은 무엇인지 알아야 했다. 또한, WiFi 모듈 이용을 위해서 801.11bgn 규격이 무엇인지, WiFi가 2.4GHz, 5GHz 대역폭을 이용한다는 것도 알고 있어야 했다.

둘째, 기술적 문제를 해결하기 위한 자료가 신뢰할만한 자료인지 판단하는 데 시간이 많이 소요되었다. 보통 프로그래머들이 코딩 과정에서 발생 되는 문제를 해결하는데 상당 부분 구글링에 의존한다. 나와 같은 문제를 다른 사람들도 겪었을 것이기 때문에 인터넷 검색을 통해 비슷한 사례들을 찾아 해결의 실마리를 얻는다. 하지만 작성자가 어느 정도의 실력을 갖춘 사람인지 명확하게 알 수가 없고 실제 작성된 자료들의 상당수에 오류가 발견되었다.

셋째, 기술적 문제들을 해결하기 위한 자료들의 상당수가 영어로 작성되어 있어 접근하는 데 어려움이 있었다. 한국어로는 충분한 양의 정보가 없어 불가피하게 영어 자료를 함께 검색할 수밖에 없었다. 영어 자료들은 대부분 포럼에서의 대화들인데 정규 영어가 아닌 일상 영어로 구성되어 있어 해석에 어려움이 많이 따랐다.

넷째, 외부의 자원에 의존을 하는 문제가 있었다. 일반 피지컬 컴퓨팅은 개인의 컴퓨터 안에서 모든 작업이 완료된다. 개인의 컴퓨터에 Arduino IDE를 설치하여 개발환경을 만들고, 아두이노와 USB 포트에 연결해서 프로그램을 업로드하였다. 아두이노에서 일어나는 변화는 시리얼 모니터를 이용하거나 아두이노와 디스플레이 모듈을 연결해서 파악할 수 있었다. 외부 자원이 동원되지 않기 때문에, 피지컬 컴퓨팅을 배운 학생들은 그대로 집에 가서 같은 작업을 수행할 수 있다. 하지만 사물 인터넷을 활용

한 탐구에서는 IoT Platform이 운영되는 서버가 존재해야 한다. 학교의 지원을 받을 수 있는 상황에서는 IoT Platform을 수업이 진행되는 동안 제공해 줄 수 있지만, 그 이후에는 IoT Platform을 이용할 수가 없어서 학생이 같은 작업을 수행할 수 없다. 또한 LTE와 같은 셀룰러 망을 이용하는 경우 통신서비스에 가입하고 요금을 납부해야 했다. 통신서비스 가입은 계약 행위로서 미성년자가 단독으로 수행할 수 없어 추후 독립적 탐구를 수행하는데 장애를 주는 요인이 될 것이다.

이와 같은 기술적 문제는 교사와 학생들이 본 수업의 목표가 무엇인지 인식하는 데 영향을 미쳤다. 교사와 학생들은 과학탐구라는 본질적인 목표보다 피지컬 컴퓨팅, 사물 인터넷을 배우는 프로그래밍 수업으로 이해를 하고, 이에 더욱 집중하는 경향이 나타났다. 컴퓨팅과 관련된 역량을 길러내는 데에는 큰 의미가 있는 수업이라 볼 수 있겠지만, 본래 과학탐구를 목적으로 한 본 수업의 목표를 고려하면 본말이 전도(本末顛倒)된 상황이라고 볼 수 있다.

## 5. 결론 및 제언

피지컬 컴퓨팅과 사물 인터넷을 이용해 유의미한 과학탐구를 수행하기 위해서는 교육 상황에서 과학탐구에 집중할 수 있도록 외부적인 요인들의 방해가 최소화되어야 한다. 수업상황에서 발생할 수 있는 기술적 문제들을 최소화하기 위해, 교사는 수업 전에 충분히 문제 상황이 발행하지 않도록 대비해야 한다. 하지만 정보 교사에게도 이와 관련된 충분한 역량을 갖추는 것이 어려운 상황에서 과학 교사에게 이러한 역량을 요구하는 것은 상당한 무리가 따른다. 따라서 지능형 과학 탐구가 학교 현장에 정착하기 위해서는 과학 교사에게 모든 것을 맡길 것이 아니라, 학생, 과학 교사, 정보 교사 및 교육계 컴퓨터 전문가, 컴퓨터 과학 전문가 간에 각자의 전문적 영역에서의 역할을 분담하는 협력적 체계가 구축될 필요가 있다(그림 1).

학생 & 평생학습자	과학 교사 & 과학 교육 전문가	정보 교사 & 교육계 컴퓨터 전문가	컴퓨터과학 국내 전문가	국제 커뮤니티
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피지컬 컴퓨팅을 위한 코딩 능력 습득</li> <li>• 사물인터넷을 활용한 과학탐구 수행                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 탐구 주제 선정</li> <li>○ 연구 설계</li> <li>○ 데이터 수집</li> <li>○ 연구 결과 분석</li> <li>○ 결론 도출</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전반적인 탐구 수업 설계</li> <li>• 수업에 사물 인터넷과 피지컬컴퓨팅을 어느 맥락에서 도입할지 결정</li> <li>• 전문가들에 의해 선정된 기술을 바탕으로 수업에 맞는 기술을 선택</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학 탐구에 적합한 기술 선정 (IoT Platform, 개발환경, 센서, 액추에이터 등)</li> <li>• 관련 콘텐츠 개발 및 배포 (모듈 사용법 등)</li> <li>• 교사 연수 등을 통한 기술 전수</li> <li>• 일반적인 코딩 교육</li> <li>• IoT Platform 공동 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장에서 요구하는 Arduino Library, mBlock extension block 개발</li> <li>• 교육계 내에서 해결하지 못하는 기술 문제 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arduino Development board</li> <li>• Raspberry Pi</li> <li>• Sensors</li> <li>• LTE Modules</li> <li>• Arduino IDE</li> <li>• Arduino Library</li> <li>• mBlock</li> <li>• mBlock 확장 블럭</li> <li>• IoT Platform 개발</li> </ul>

[그림 1] 지능형 과학탐구 구현을 위한 협력 체계 (예시)

## 참고문헌

- [1] 교육부. (2020). 기초를 다지고, 첨단을 누리며, 미래를 이끄는 과학교육 종합계획(안) (2020년~2024년).
- [2] Ga, S.-H., Cha, H.-J., & Kim, C.-J. (in press). Adapting Internet of Things to Arduino-based Devices for Low-Cost Remote Sensing in School Science Learning Environments. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*.
- [3] Kerr, S. T. (1996). Visions of sugarplums: The future of technology, education, the schools. In J. J. Slater, R. Ravid, & R. M. Reardon (Eds.), *Technology and the future of schooling: Ninetyfifth yearbook of the National Society for the Study of Education*, (part 2) (Vol. 95, pp. 1-27). University of Chicago Press.
- [4] Fullan, M. (2011). *Change Leader: Learning to Do What Matters Most* (1st edition). Jossey-Bass.
- [5] Fisher, C., Dwyer, D. C., & Yocam, K. (1996). *Education & Technology: Reflections on Computing in Classrooms*. Jossey-Bass Publishers.
- [6] Kerr, S. T. (1996). Visions of sugarplums: The future of technology, education, the schools. In *Technology and the future of schooling: Ninetyfifth yearbook of the National Society for the Study of Education*, (part 2)(Vol. 95, pp. 1-27). University of Chicago Press.
- [7] Sandholtz, J. H., Ringstaff, C., & Dwyer, D. C. (1992). Teaching in High-Tech Environments: Classroom Management Revisited. *Journal of Educational Computing Research*, 8(4), 479-505. <https://doi.org/10.2190/Y5NE-V9RQ-FD63-WC2N>