

# 데이터 기반 학교 운영을 위한 사물인터넷(IoT) 활용 환경 설계\*

## Designing a data based school with Internet of Things

계 보 경\*

Kye, Bo-kyung

### Abstract

This study analyzed the application articles of the Internet of Things (IoT) in the educational environment. It defined learning environmental data, utilization scenarios, and models that IoT can improve teaching and learning through Focus Group Interviews for academic experts, teachers, and technicians in related fields. In addition, the IoT pilot prototype was developed, verified, and drew implications from the perspective of collection, analysis, and utilization of real-time data based on the actual school settings. This study has significance as a priori case of building and applying a learning environment using the Internet of Things in real school settings considering relevant restrictions.

키워드 : 사물인터넷, IoT, 데이터 기반 학교, 학습환경, 데이터 분석

Keywords : Internet of Things, IoT, Learning Environment, Data Driven School, Data Analysis

### I. 서론

사물인터넷(IoT)은 우리 주변의 모든 사물들이 인터넷에 연결되어 서로 대화하고 교감하며 정보를 주고받을 수 있게 해주는 지능형 기술 및 서비스로, 사람의 간섭 없이도 모든 사물들이 스스로 대화하고 주변 환경을 분석해서 서비스를 제공한다. 실생활의 데이터를 바탕으로 한 학습 경험과 문제해결을 가능하게 해준다는 점에서 교육적 가능성 또한 높다. Qazi(2019)는 IoT 기반 교육 분야가 데이터의 수집, 개인화 된 학습,

보다 진보된 인간과 기계의 상호 작용을 통한 시간과 물리적 자원의 절약, 안전한 교육환경을 위한 보안 장치, IoT와 AI의 연계로 현존하는 교육문제의 많은 문제점을 해결할 수 있다는 전망을 제시한바 있다.

팬데믹과 함께 우리나라 학교 현장의 디지털 전환이 가속화 되고 있지만, 데이터 활용의 측면에서는 학교 내외에서 발생하는 데이터의 생성, 분석, 활용, 환류에 이르는 교실 환경의 적용 사례를 찾아보기 쉽지 않다. 최근 미세먼지 이슈 등의 교육과 안전 환경의 변화와 연계한 데이터 분석이 일부 시도되고 있으나 교수학습, 안전, 건강 등의 학교를 둘러싼 다양한 문제해결에 있어 지속적인 데이터 기반의 교육 개선 전략을 수립할 필요가 있다.

\* 본 연구는 KERIS 신기술 R&D 일환으로 이루어졌음

\*\* 한국교육학술정보원 디지털교육정책본부 글로벌정책연구  
부장, 교육공학 박사(E-mail: kye@keris.or.kr)

이에, 본 연구에서는 교실 내외에서 발생하는 다양한 데이터를 교수학습을 비롯한 학교 환경 개선에 활용하기 위한 데이터 기반의 교실을 설계 운영하기 위한 실현가능한 모델을 탐색하고자 하였다. 이를 위해 IoT를 교육에 활용한 국내외 문헌과 사례를 분석하고, 관련 분야 전문가, 현장 교사, 기술 전문가 대상 FGI를 통해 IoT가 학습 개선을 위해 활용될 수 있는 학습환경 데이터와 유형별 활용 시나리오 모델을 정의하였다. 아울러 이를 바탕으로 학교, 특히 교실에서의 데이터 흐름에 초점을 두어 실데이터 기반의 교수학습 활동과 교실 환경 지능화를 지원할 수 있는 IoT 기반의 학습 환경 프로토타입 개발하고 적용함으로써 실제 학교 현장 환경을 고려한 실증적 연구 결과를 도출하고자 하였다.

## II. 선행 연구 및 사례 분석

학습 환경과 관련된 각종 센싱 데이터들은 첨단 기기들의 발전과 함께 교육 환경에서 발생하는 분석 가능한 데이터의 영역을 빠르게 확장시키고 있다(계보경 외, 2018).

지금까지 IoT 관련 학습 환경 연구는 교실의 실내 공기질 데이터를 기반으로 환경기준과 환기 방안, 환경제어, 환경별 학생들의 행동 분석 등이 주를 이루어왔다. 그 이유는 미세먼지, 유해유기물질 등에 대한 사회적 이슈 발현과 함께 실제 교육 현장에서 센서를 통해 확보 가능한 데이터가 환경 분야가 주를 이루고 있기 때문이다. 그러나 해외에서는 MEMS 관성센서<sup>1)</sup> 등을 활용하여 학생들의 다양한 움직임 데이터를 추출하여 신체 활동의 데이터를 분석하면서 스포츠 공학 분야로의 접근을 지원하거나, 스마트기기의 장점을 활용해 학교 환경의 연결성을 높이는 다양한 형태의 연구가 진행되고 있다.

에너지 인 스쿨(Energy in School) 프로그램은 삼성전자 영국법인이 영국 정부의 후원을 받아 영국의 자선단체 지속가능에너지 센터(Centre for Sustainable Energy), 영국의 에너지회사 마이유틸리티지니어스커머셜(My Utility Genius Commercial),

랭커스터대학교(Lancaster University)와 함께 추진하는 IoT 기반 교육 프로그램이다. 동 프로그램 하에서 교사와 학생들은 삼성의 IoT 솔루션 스마트싱스(SmartThings)와 학교 전체에 설치된 스마트 센서들을 통해 교내 실시간 에너지 사용량, 가격, 탄소배출량 데이터를 확인할 수 있다. 교사와 학생들에게 에너지 사용량 데이터를 이해하기 쉽게 제시함으로써 잠재적으로 학교의 에너지 사용료를 줄일 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 교사와 학생들은 통해 교사와 학생들은 IoT가 어떻게 에너지 소비와 탄소 배출을 줄이는데 도움을 줄 수 있는지를 배울 수 있다.

이와 더불어 학생들은 2016년 영국 공영방송 비비씨(BBC)가 삼성 등과 협력하여 시작한 포켓사이즈의 코딩 교육용 기기인 마이크로:비트(micro:bit)를 활용한 코딩 레슨을 통해 동 프로그램에 보다 능동적으로 참여할 수 있다. 학생의 마이크로:비트 기기는 삼성 마스싱스 플랫폼에 연결되어 프로그래밍을 학습하고 데이터셋을 바탕으로 프로젝트 작업을 수행할 수 있도록 도와준다. 예를 들어, 학생들은 교실 온도를 모니터링하고 측정하여 온도가 너무 낮을 때에는 전구를 녹색으로, 너무 높을 때에는 빨간색으로 색깔을 바꾸도록 프로그래밍할 수 있다. 이러한 수업에서 교사와 학생들은 재미있고 참여적인 방법을 통해 학교의 에너지 효율성을 향상시킬 수 있는 코딩 방법을 배우게 된다. 본 프로그램은 2019년 5월 영국 브리스틀(Bristol)에 위치한 세인트메리 레드클리프 초등학교(St Mary Redcliffe Primary School)를 포함한 영국 내 3개 학교들을 대상으로 시범 실시되었다. 이후 시범 프로그램의 성공적인 결과를 바탕으로 지난 2019년 7월에는 참여 학교 수가 20개교 추가되면서 프로그램이 확대되었다.

호주 퍼스(Perth)에 위치한 커틴대학교는 총 6만 명 이상의 학생과 4,000명 이상의 직원들을 보유한 호주 명문 대학 중 하나로 2017년 5월 스마트 캠퍼스 사업의 일환으로 학교 캠퍼스에 IoT 소프트웨어와 기기들을 도입하기 시작하였다. IoT 도입의 목표는 학생들의 캠퍼스 경험과 교실 학습을 개선하고, 산업계와는 데이터 기반의 연구 협력을 촉진하는 것으로, 히타치(Hitachi)사의 IoT 솔루션을 활용하여 비디오 데이터를 학교 운영 데이터와 결합하여 캠퍼스의 운영 상황과 건물 활용률을 파악하는데 활용하고 있다. 또한 데이터 시각화, 영상 애널리틱스, 실시간 얼굴 매칭 기술

1) MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)센서는 미세 가공 기술을 응용하여 제조한 마이크로 혹은 나노 단위의 고감도 센서를 의미로 관성(모션), 환경, 음향 등 그 종류는 다양함

을 하나의 분석 대시보드로 통합함으로써 실시간으로 학교의 상황을 파악하고, 교실 및 학교 운영, 향후 필요한 요건들에 대한 결정을 내리는 데에 활용하고 있다. 학교 내에 설치된 여러 센서들을 통해 새로운 트렌드, 학습 패턴, 코스별 출석률 등을 파악하기도 하는데, 이러한 정보를 통해 학생의 경험과 학습 개선에 효과를 거두고 있다.

Harman(2019)는 실제 교실에서 IoT 기술을 활용하여 변화한 교실과 학습 및 학교의 운영 방식에 대한 연구를 통해 학생의 출석 추적, IoT 온도 센서를 통해 온도를 모니터링하여 경고를 보내거나, 무선 도어 잠금 장치로 총기 폭력이나 테러 상황에 대비하는 등 보다 나은 학교 보안을 유지하여 인명과 재산을 보호하는데 필요한 IoT의 실질적 활용 방안에 대해 제시한 바 있다.

Shrinath(2017) 외는 학습, 지도, 교실 등 다양한 교육 부문에서 편의성과 효율성을 제고하고 있는 IoT 기술에 대해 논의하며 특히 학교 안전 이슈에 있어 스쿨버스 운행과 접목한 IoT 기술 적용 사례를 제시하였다.

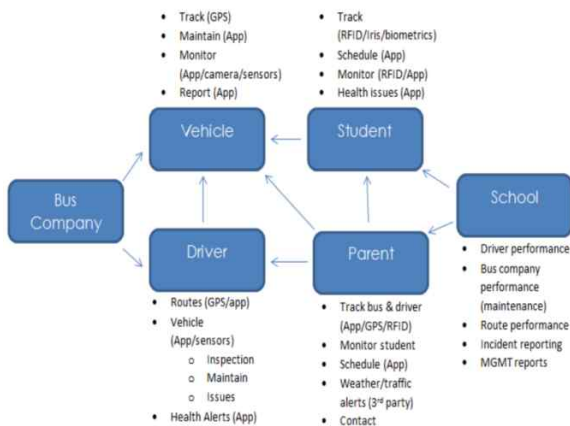


Figure 1. IoT technology application case combined with school bus operation

이상에서 학교에서의 IoT 활용은 데이터 관점에서 환경 영역의 데이터를 수집해 활용하는데에서 나아가 학교의 출입문, 건물 내 카메라와 통학버스는 물론 학생들의 ID(학생증), 휴대폰 등 다양한 영역에서 데이터를 수집, 분석하여 전체적인 모니터링과 제어 시스템을 도입해 융합적으로 활용하는 방안으로 확장되고 있음을 살펴볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 학교 환경에서 수집가능한 IoT 데이터를 검토하고, 이를 바탕으로 유형별 활용 시나리오 모델과 프로토타입을 개발함으로써 학교 환경 개선과 교수학습에 IoT를 활용할 수

있는 모델을 실증하고자 하였다.

### III. 학교에서의 IoT 활용 시나리오

IoT가 학습 개선을 위해 활용될 수 있는 학습 환경 데이터와 활용 모델 정의를 위해서는 관련 분야 전문가, 현장 교사, 기술 전문가 대상의 FGI를 실시하였다. FGI는 3차례에 걸쳐 연구의 개요와 IoT의 교육적 활용에 대한 기존 사례에 대한 공유를 바탕으로 그룹별로 이루어졌다. 이를 바탕으로 학교에서의 IoT 데이터 활용 모델은 데이터를 수집하고 비교 및 분석하여 학습환경을 개선하기 위한 시나리오와 수집된 IoT 데이터와 분석결과를 수업에서 활용하는 시나리오의 두 가지 관점을 바탕으로 개발되었다

#### III-1. IoT 데이터 활용을 통한 학습환경 개선 시나리오

IoT 기반의 학습환경 데이터를 교실 환경개선을 위해 활용하기 위한 시나리오는 보건환경, 행정/시설통제, 안전지원 영역으로 나누어 살펴볼 수 있다.

첫째, 보건환경 분야는 교실과 실습실 등에 설치된 센서를 통해 온도, 습도, 이산화탄소, 미세먼지(PM 10, PM 2.5), 초미세먼지(PM 1.0), 휘발성유기화합물(VOCs) 수준 등 여섯가지 종류의 데이터를 실시간으로 측정하고, 저장된 측정값을 환경별 측정 현황 대시보드를 통해서 수시로 확인 가능하도록 구현하였다. 또한 현재의 측정 결과뿐만 아니라, 이전의 측정 결과를 날짜와 시간기준으로 조회하여 데이터 변화 추이를 비교, 모니터링 할 수 있도록 하였다. 쾌적한 학습환경 기준 정의에 따라 현재의 학습환경 상태를 지정된 색상(컬러 시그널 - 좋음: 녹색, 보통: 파랑, 나쁨: 노랑, 매우나쁨: 빨강)으로 표시하여 공기 질 상태를 시각적으로 확인할 수 있다.

또한 스피커를 통한 음성안내(TTS), 컬러 LED 조명 연동을 통해 알람을 주거나, 측정되어진 데이터가 권고 기준을 초과하는 경우에는 적절한 환경을 유지하기 위하여 설정된 기준에 맞춰서 온도, 습도에 대해서는 에어컨을 가동하며, 미세먼지, 초미세먼지, 휘발성유기화합물(VOCs)에 대해서는 공기청정기를 가동하도록 연동할 수 있다. 학교 내 공기정화시스템(Heating Ventilation and Air Conditioning, HVAC)과의 연동이 허용될 경

우를 허용할 경우, 환기 필요성에 대한 음성안내와 함께 제어가능한 환기장치를 가동할 수 있다.

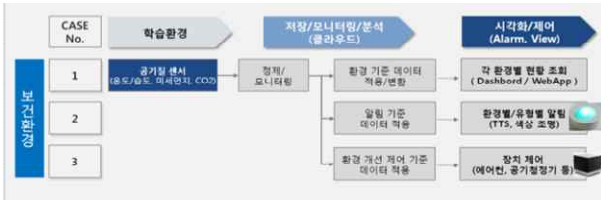


Figure 2. Health Environment utilization scenario

둘째, 행정/시설통제 분야는 교실 내에 설치된 가전제품(컴퓨터, TV, 선풍기, 에어컨, 공기청정기)의 실시간 전력 소모량을 측정하여 에너지 사용 변화 추이를 확인하여 설치된 가전제품의 가동 여부를 파악할 수 있으며, 사용하지 않는 가전제품이 불필요하게 가동되고 있는지를 확인할 수 있다. 또한 가동되고 있지 않는 가전제품의 대기전력량을 측정하여 대기전력으로 낭비되는 전기를 파악할 수 있다. 전원 멀티탭(IoT 플러그)의 개별 소켓을 인식하여 승인되지 않은 가전제품이 연결시켰는지 여부를 파악하고, 과부하 사용 기준에 따라 전원을 제어(차단)함으로써 안전사고를 예방할 수 있다. [그림 VI-2]는 보건환경과 행정/시설통제에 대한 시나리오이다.



Figure 3. Administrative·Facility control scenario

셋째, 학생안전환경 분야는 교실 또는 실습실의 조도와 소음을 측정하여 학습에 적합한 환경을 유지할 수 있도록 한다. 조도 센서를 이용하여 낮시간 동안 불필요하게 켜져 있는 조명을 끄으로써 에너지를 절감하고, 어두운 복도나 실습실에 조명을 켜도록 유도하여 안전사고를 예방한다. 과도한 소음에 대해 경보가 발생하면 선생님이 확인하여 다른 문제가 없는지 확인할 수 있다.



Figure 4. Safety support scenario

또한 수업 중 발생하는 소음과 수업 콘텐츠의 연관 관계를 분석하거나, 교실내의 소음측정 결과를 과목별 차이, 수업별 차이, 수업시간, 점심시간, 휴식시간 간의 차이 등을 비교하여 학생들의 수업참여도 등을 파악할 수 있는 데이터로 활용할 수 있다.

### III-2. 교수학습 활동을 위한 IoT 데이터 활용 시나리오

잘 설계된 활동을 반복적으로 경험하는 과정에서 ‘과학적으로 사고하는 경험’의 내면화는 단순지식의 획득 못지않게 중요하다. 예를 들어 기존 교구를 가지고 시나리오 기반의 실험실습을 통해 탐구하는 과학활동에서 실생활에서의 문제를 바탕으로 팀을 꾸려 함께 토론하고 협업하는 과학 활동, 학생 스스로가 가설을 세우고 실험데이터를 모아 문제를 해결해보는 활동은 무엇보다 중요한 학습 경험이 될 수 있다. 문제해결 과정에 실제의 문제를 바탕으로 실시간 데이터를 수집하고 분석, 활용할 수 있는 데이터 기반의 학습 환경의 구축은 단순히 수치와 트렌드 분석을 넘어서 원인을 분석·조사하고 사회적 현안을 해결하는 활동에 학생들이 해결책을 제시할 수 있는 기회를 제공함으로써 데이터 기반의 참여적 활동에 학생들을 몰입하게 할 수 있다.

IoT를 통해 수집된 데이터는 학습 상황에서 첫째, 개별 학습데이터로 활용하여 각각의 데이터의 정의를 이해하고 ‘분석 목표의 설정’, ‘분석 방법 구안’, ‘성찰 및 활용 방안 구안’의 절차로 데이터로부터 유용한 패턴을 발견하고 활용방안을 도출하는 학습에 활용될 수 있다.

두번째는 관련성을 가진 복수의 데이터 조합을 통해 교과 융합 활동을 지원할 수 있다. 학교 공간 내에서 IoT 기술을 활용하여 수집되어진 여러 종류의 데이터에 시간과 장소, 영향을 받을 수 있는 사물을 고려하여 학습에 활용하는 방법이다. 초등의 경우, 소리의 성질(과학5)의 활용 데이터(소음), 우리는 식물재배 과학자(국어2, 과학3, 수학4, 수학5), 활용 데이터(빛, 온도, 미세먼지), 우리는 미세먼지 해결사(국어4, 수학5, 과학3, 과학6), 활용 데이터(온도, 습도, 미세먼지) 등을 융합해 학습 활동을 설계하는 것이 그 예이다.

세번째는 수집된 데이터를 시각화하여 시각화된 데이터를 가지고 교실에서의 이산화탄소 농도 및 미세먼지에 대한 대응 방법 마련 등 데이터 기반 의사결정을 내리는 과정을 학습함으로써 객관적인 근거 기반의 의

사결정을 학습하는데 효과적인 경험을 제공할 수 있다.

이에 본 연구에서는 한정된 학교 공간 내에서 IoT 기술을 활용하여 수집 가능한 데이터의 종류를 정의하고, 정의된 데이터 9가지(소음, 미세먼지, 온도, 빛, 습도, 소음, CO2, VOC, 움직임)를 중심으로 활용 방안을 모색하였다. 일례로 6학년 1학기 국어 4단원 ‘주장과 근거를 판단해요’, 수학 5단원 ‘여러 가지 그래프’, 과학 3단원 ‘여러 가지 기체’를 연계한 교수학습 설계를 통해 미세먼지에 대한 데이터를 뉴스와 인터넷, 교실의 센서를 통해 수합해 미세먼지, 습도, 온도 등의 관련성을 알아보고 수합된 데이터를 그래프 단원의 학습과 연계해 시각화 하는 학습을 한뒤, 미세먼지에 대한 실제적인 대응 방안을 학생들의 실생활 맥락에서 찾아 근거를 바탕으로 주장하는 글을 쓰는 활동을 하는 등의 실데이터에 기반한 문제해결 활동을 경험하게 하는 것이다.

논의한 사례에서와 같이 IoT 기술을 활용한 데이터 기반 학습 환경은 다양한 교과를 융합한 탐구활동을 가능하게 하고 실제 맥락에 기반한 문제의 발견과 해결 과정을 데이터에 기반해 제공함으로써 학생들에게 보다 실제적인 학습을 지원할 수 있다.

#### IV. 데이터 기반 학교 환경 구축을 위한 IoT 프로토타입 개발

앞선 교육적 활용 시나리오 모델에 기반해 데이터 기반 학교 환경 구축을 위한 IoT 학습 환경 구축 프로토타입 개발 과정은 다음과 같다

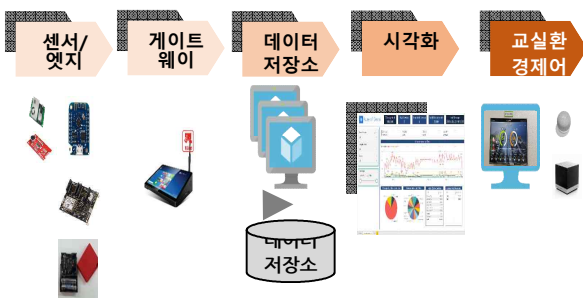


Figure 5. Learning environment analysis system configuration diagram

첫째, 센서 및 엣지 모듈은 온도센서, 습도센서, 기압센서, 조도센서, 소음센서, 이산화탄소, 미세먼지센서, 초미세먼지센서, 움직임센서를 통하여 각각의 환경 정보를 수집한다.

둘째, 게이트웨이 모듈은 환경정보 데이터를 수신하고 이를 데이터 저장소에 저장한다. 게이트웨이는 센서와 엣지 모듈의 상태를 모니터링한다. 셋째, 센서를 모니터링하기 위한 각각의 센서 데이터들은 데이터베이스에 저장한다. 넷째, 시각화 모듈은 센서 데이터를 모니터링할 수 있도록 대시보드(WebApp)을 구현하여 상시 데이터를 확인할 수 있으며, 온도, 습도, 미세먼지, 이산화탄소, 조도 등의 측정값을 시계열 데이터로 시각화하여 변화추이 분석 및 특이상황 인지가 가능하도록 한다. 다섯째, 교실환경 제어 등 서비스 영역으로 데이터베이스에 저장된 기준 환경 정보와 센서 데이터를 비교 분석하여 추천할 수 있도록 구성되어있다. 각각의 목표값과 환경 정보 데이터를 기준으로 교실환경에 맞는 목표값을 제시할 수 있도록 구현되었으며, 이를 통하여 학습을 위한 보다 효율적인 교육 환경을 유지할 수 있다.

센서는 각각의 특성에 맞게 데이터 수집이 가능하도록 프로그래밍하였으며, 주기적이고 지속적으로 데이터를 저장하여 데이터 변화를 관찰할 수 있도록 하였다. 지속적으로 저장된 값을 분석하여 시간이 지날수록 목표에 맞는 값을 찾을 수 있고, 이에 따라 교실환경의 스마트기기를 제어하여 운영 및 관리가 가능하다.

다음은 본 연구에서 프로토타입의 시나리오 검증을 통해 실증한 센서 유형별 데이터의 연관 관계를 나타낸 표이다. 좌측의 센서, 액추에이터, 정보제공의 항목이 상단의 데이터와 어떻게 연계되는지를 확인할 수 있다.

Table 1. Data connection by sensor type

	센서										액추에이터				정보제공		기타		
	온도	습도	CO2	VOC	PM10	PM2.5	PM10.0	조도	소음	진동	음향	진동	진동	진동	진동	진동		진동	
온도	■																		
습도		■																	
CO2			■																
VOC				■															
PM10					■														
PM2.5						■													
PM10.0							■												
조도								■											
소음									■										
진동										■									
음향											■								
진동												■							
진동													■						
진동														■					
진동															■				
진동																■			
진동																	■		
진동																		■	
진동																			■

위의 표를 바탕으로 실증한 시나리오와 학습 환경 개선을 위해 구현 가능한 데이터 활용과 응용의 예시는 다음과 같다.



첫째, 온도, 습도가 기준값을 초과하는 경우, 에어컨을 가동하여 적합한 환경을 유지한다. 둘째, 이산화탄소가 기준값을 초과하는 경우, 환기시설을 가동하여 이산화탄소 농도를 낮춘다. 셋째, VOC 및 미세먼지가 기준값을 초과하는 경우, 공기청정기를 가동하여 적합한 환경을 유지한다. 넷째, 조도가 낮은 경우, 조명을 제어하여 학습에 필요한 조도를 유지한다. 다섯째, 소음의 변화추이와 상태를 대시보드를 통해 확인할 수 있다. 여섯째, 전력소모량이 허용전력량 또는 연속사용시간을 초과하는 경우 전원을 차단한다. 일곱째, 움직임 데이터의 변화 추이를 확인하여, 미세먼지 발생량이 증가할 것으로 예상하고 공기청정기를 가동한다. 여덟째, 지정영역에 출입인원이 증가하는 경우, 실내 온도, 이산화탄소발생량, 미세먼지발생량이 증가할 것으로 예상되어 에어컨, 공기청정기, 환기시설을 가동한다. 아홉째, 에어컨은 온도, 습도 데이터와 연동되어 동작한다. 열째, 공기청정기는 VOC, 미세먼지 데이터와 연동되어 동작한다. 열한째, 환기시설은 온도, 습도, 이산화탄소, VOC 미세먼지 데이터와 연동되어 동작한다. 열두째, 전원차단은 전력소모량 데이터와 연동된다. 열셋째, 조명제어는 조도 데이터와 연동된다. 열넷째, 대시보드는 수집되는 모든 데이터를 표시한다. 열다섯째, Color LED는 온도, 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 데이터와 연동된다. 열여섯째, 음성안내는 온도, 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 데이터를 음성으로 안내한다. 열일곱째, AI 스피커는 온도, 습도 등 모든 데이터를 음성으로 안내하고, 음성명령에 의해서 조명제어와 음성안내를 동작시킨다.

## V. 데이터 기반 학교 운영을 위한 IoT 프로토타입 현장 시범 적용

앞서 학교 환경 개선을 위해 수집된 모든 데이터는 교사와 학생들이 교수학습 활동에 다양한 방식으로 활용할 수 있는 원데이터와 시각화된 대시보드를 함께 활용할 수 있도록 제공되었으며, 교수학습 시나리오 및 학교 적용을 통한 실증을 거쳤다. 시범적용은 대구 소재의 D초등학교에서 이루어졌으며, IoT 데이터를 교수학습 활동에 활용하는 수업은 학생 27명을 대상으로 1개 학급에서 4차례에 걸쳐 이루어졌다. D초등학교 교실은 일반 교실보다 16㎡가 더 큰 환경이며, 활용 데이터는 소음, 조도, 공기질, 미세먼지 등 환경 데이터이다.

Table 2. Classroom IoT devices applied for pilot application

구분	수량	데이터/용도
터치 PC	1	모니터링, 시각화
AI 스피커	1	음성제어
무선 제어기	1	무선 제어
공기질센서	2	미세먼지, 이산화탄소, 휘발성유기화합물
환경센서	28	온도, 조도
전력	1	소모전력
움직임센서	1	움직임
소음	1	소음

시범 적용 결과, 데이터 시각화 프로그램 및 IoT 활용에 대한 다양한 의견 수렴이 이루어졌다. 먼저 학교 및 학습환경에 IoT 기술을 적용하여 다양한 데이터를 수집하고 활용하는 측면에 있어서는 현재 환경 쪽에 한정되어 있는 IoT 데이터의 수집 범위를 넓히고 디지털 기기 사용 로그 등과 같은 다른 학습 데이터들과 연계하여 활용성을 높이거나, 교수학습, 학습지도, 학생 안전환경, 생활지도 등에 있어서 적절한 교육적 처방과 연결될 수 있도록 하는 피드백 방식의 다양화에 대한 요구사항이 높게 나타났다.

교실의 환경 데이터 활용에 있어서는 데이터 제공이 실시간으로 이루어지고 적절한 알림 기능을 줄 경우, 자동화된 기술 활용 없이도 예를 들어 미세먼지 알람이 높음을 데이터로 확인하게 되면 환기가 필요하다는 것을 학생들이 스스로 판단하여 자발적으로 창문을 열고 환기를 시키는 활동을 하는 것도 학교에서 쉽게 접근할 수 있는 실질적인 데이터 기반 체험 학습 활동이 될 수 있는 방식이라는 의견도 있었다.

시범적용한 프로토타입 시각화 프로그램과 관련해서는 데이터를 좀 더 쉽고 알기 쉽게 표현하는 방법에 대한 의견에 많았으며, 보다 많은 데이터를 학생들도 함께 볼 수 있도록 개방하여 학생들이 교실의 실제적인 데이터를 보고 시각화를 통해 재해석해 볼 수 있는 기회를 제공하는 것이 필요하다는 의견도 제시되었다.

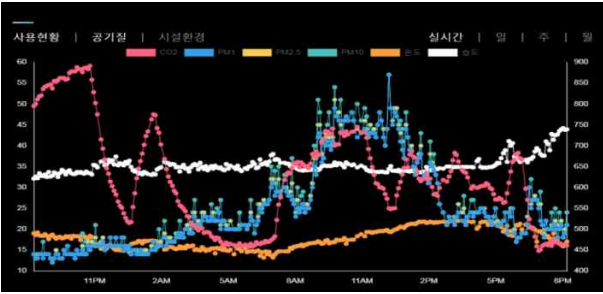


Figure 6. Dashboard screen example for teaching and learning support(real time)

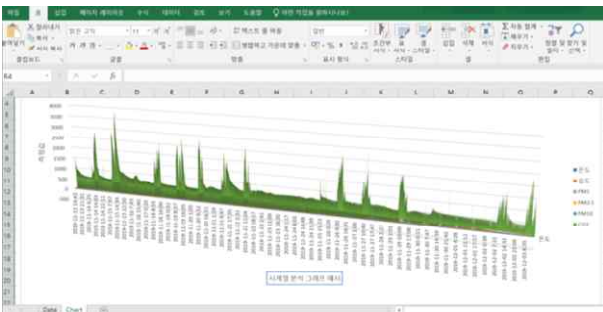


Figure 7. Excel data template example

기술적인 측면에서는 학교에서의 네트워크 활용 환경의 제약으로 IoT 기술 자체보다는 기본적인 학교 현상에서의 원활한 네트워크 활용 선결과제가 아직 더 많은 것으로 나타났다.

## VI. 결론 및 시사점

이상에서의 실증을 통해 살펴본 데이터 기반 학교 운영을 위한 IoT 활용 학습 환경 적용의 시사점은 다음과 같다.

IoT 기반 공기질 센서를 포함하여 소음, 조도 등의 물리적 환경과 움직임 등의 활동에 대한 데이터는 교수학습 지원의 관점에서 다양하게 활용될 수 있다. 특히 STEM 형태의 수업에서 실시간 데이터를 활용하는 것 이외에도 학생 개인 또는 학생 그룹을 대상으로 LRS(Learning Record Store) 등의 기존 시스템에 등록된 정형, 반정형 데이터와 연계하여 학습자의 학습맥락을 이해하고 측정과 분석이 가능하기 때문에 발생 가능한 상황을 선제적으로 파악하여 대처할 수 있게 된다는 장점이 있다.

또한 교수자는 실시간 통계를 통하여 학습 상황과 맥락에 대한 정보와 함께 학습자가 어떻게 반응

하는지 확인할 수 있고, 다른 학습자의 반응을 참조할 수도 있으며 학습자와 상호작용을 활발히 하는데 활용할 수도 있다.

본 연구는 실제 학교현장의 제약사항을 고려해 IoT를 활용한 학습 및 학습환경을 실제 구축하고 적용한 선형적 사례로서 의의가 있다. 사회 전반의 데이터 활용에 대한 관심과 학교 현장의 디지털 환경 개선 요구가 점점 고도화되고 있는 시점, 데이터 기반의 학교 운영 체제 도입을 위한 보다 실천적인 방안 마련을 위해 보다 활발한 후속 연구가 이루어져야 할 것이다. 향후 추가적인 연구가 필요한 영역은 다음과 같다.

첫째, 학습 지원과 관련하여 교실현장에서 측정된 물리적 환경 데이터의 변화를 학생들이 직접 확인하고 스스로 판단하여 환경을 개선할 수 있도록 유도하는 다양한 형태의 데이터 시각화 방안과 IoT 장치를 활용하는 시나리오를 개발하고 학교현장에 적합한지를 검증하는 연구가 필요하다.

둘째, 학교현장에서의 IoT 장치 활용과 확산은 학교 내 컴퓨터 네트워크 환경 또는 인터넷 접속 환경에 대한 현실적인 제약을 해결해야만 가능하기 때문에 비단 IoT 기술의 활용을 넘어서 전반적인 에듀테크 기술 활용을 위해 행정적인 측면에서의 학교 네트워크 활용 운영 모델을 함께 마련할 필요가 있다.

셋째, 학교 안전 지원과 관련하여 IoT 데이터와 인식기술을 연계해 교실 이외에 학교 내 교문, 휴식 공간, 급식실, 쓰레기 처리장 등에 대한 영상을 실시간으로 분석하여 수업시간 이외에 학생들의 생활지도에 활용할 수 있는 방안에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

넷째, 학교 환경 개선과 관련하여 교실현장에서 측정된 물리적 환경 데이터의 변화를 모니터링 하면서 환경기준과 비교하여 최적의 학습환경을 유지할 수 있도록 내 HVAC(공기조화) 장치를 제어하는 에너지 최적화 방안에 대한 연구가 필요하다.

다섯째, 데이터 수집, 분석, 활용에 있어 가장 큰 고려요소인 보안에 대한 고려를 바탕으로 학교 현장의 데이터 활용 제약을 극복할 수 있는 가이드라인 및 제도 개선 방안에 대한 연구가 필요하다.

## 국문초록

본 연구는 사물인터넷(IoT) 기술을 학습에 활용한 문헌과 사례를 분석하고, 관련 분야 전문가, 현장 교사, 기술 전문가 대상 FGI를 통해 IoT가 학습 개선을 위해 활용될 수 있는 학습환경 데이터와 유형별 활용 시나리오 모델을 정의하였다. 더불어 이를 바탕으로 개발된 프로토타입을 실제 학습환경에 시범 적용하여 실시간 데이터의 수집 및 분석과 활용 관점에서 검증함으로써 학교 현장에서 IoT 기술을 활용할 수 있는 실천적인 방안을 도출하였다. 본 연구는 실제 학교현장의 제약사항을 고려한 IoT를 활용한 학습 및 학습환경을 실제 구축하고 적용한 선형적 사례로서 의의가 있다.

## 참고문헌

1. 계보경, 임완철, 박연정, 손정은, 김정현, 박선규, 정태준 (2018). 지능형 학습 분석을 위한 데이터 수집·분석 API 고도화 연구. 한국교육학술정보원.
- 이기마 (2018). 인공지능과 사물인터넷을 활용한 스마트 수학교실 모델 제안에 관한 연구. 교과교육연구, 11(2), 47-64.
2. 이기영, 김병선, 조진성 (2018). 저사양 IoT 디바이스의 안전한 부트 및 업데이트를 위한 보안 시스템 설계 및 구현. 정보과학회논문지, 45(4), 321-331.
3. 이주화 (2019). IoT를 이용한 스마트도서관 모델 연구. 한국 컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집, 27(1), 445-447.
4. 이종탁 (2017). IoT 기반의 학습 환경 제어 시스템 구현에 관한 연구. 공주대학교 석사학위 논문.
5. Abbasy, M. B. & Quesada, E. V. (2017), Predictable Influence of IoT(Internet of Things) in the Higher Education. International Journal of Information and Education Technology 7(12)
6. Banica, L., Burtescu, E., & Enescu, F. (2018). The Impact of Internet-of-Things in Higher Education. Scientific Bulletin-Economic Sciences 16(1).
7. Bayani, M., Leiton, K., & Loaiza, M. (2017). Internet of Things(IoT) Advantages on e-Learning in The Smart Cities. International Journal of Development Research 7(12). 177747-17753.
8. Cohen, H. (2019). An Introduction to IoT Applications in Education. Retrieved from <https://www.iotforall.com/introduction-iot-applications-in-education/>
9. CIO(2017). Curtin University in IoT rollout Retrieved from <https://www.cio.com/article/3493605/curtin-university-in-iot-rollout.html>
10. Harman, R. (2019). How Is IoT Establishing The Modern Classroom?. Retrieved from <https://elearningindustry.com/iot-and-the-modern-classroom-establishing>
11. Maksimović, M. (2018). Green Internet of Things (G-IoT) at engineering education institution: the classroom of tomorrow. Infotech-Jahorina 16
12. McRae, L., Ellis, K., & Kent, M. (2018). The Internet of Things(IoT): Education and Technology. Curtin University
13. Putjorn, P., Siriaraya, P., Deravi, F., & Ang, C. S. (2018). Investigating the use of sensor-based IoET to facilitate learning for children in rural Thailand. PLoS ONE 13(8). Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201875>
14. Rocha, R. (2017). The IoT Architecture at the Edge. Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/iot-architecture-edge-rafael-rocha/>
15. Samsung News(2019). Samsung to Extend its Energy in Schools Initiative to 20 More Schools Around the UK, Retrieved from <https://news.samsung.com/uk/samsung-to-extend-its-energy-in-schools-initiative-to-20-more-schools-around-the-uk>
16. Sciforce (2019). Internet of Things for the Classroom. Retrieved from <https://www.iotforall.com/internet-of-things-classroom/>
17. Shrinath, Vikhyath, Shivani, Sanket, Shruti (2017). IOT Application in Education. International Journal of Advance Research and Development 2(6)
18. Qazi, A. (2019). How Will IoT Change the Education Sphere?. Retrieved from <https://www.emergingedtech.com/2019/05/how-will-iot-change-impact-education>

논문투고일 2021.09.15, 심사완료일 2021.09.22, 게재확정일 2021.09.26.