



피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 새로운 전자보드의 개발

김 송 주*

Development of a New Electronic Board for Physical Computing Education

Song-Ju Kim*

요 약

4차 산업혁명 시대를 맞아 컴퓨팅 사고력의 제고를 위한 피지컬 컴퓨팅 교육에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 피지컬 컴퓨팅 교육 도구로는 오픈소스 하드웨어인 아두이노를 주로 활용하고 있지만 하드웨어의 사용법을 익히거나 전자 부품들의 지식을 바탕으로 회로를 구성하는 데에 상당한 사전 지식이 요구된다. 이에 논문에서는 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 도구로서 새로운 전자보드를 개발하고 아두이노 통합개발환경과 엔트리 플랫폼에서 디지털 입출력, 아날로그 입출력 동작 등을 검증하였다. 부품 및 회로도에 대한 지식이 없어도 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 RJ11 커넥터를 채택하고 모듈형으로 전자보드를 제작하였다. 개발된 전자보드는 3핀 커넥터에 연결할 수 있는 다양한 부품들과 호환이 가능하고 범용적인 프로그래밍 도구를 사용할 수 있으며 유사시 즉시 전원을 차단할 수 있는 스위치가 별도로 마련되어 있어 교구로서의 안전성도 확보하고 있다.

Abstract

In the era of the fourth industrial revolution, interest in physical computing education for improving computing thinking is increasing. Currently, arduino, an open source hardware, is mainly used as a physical computing education tool, but it requires a great deal of prior knowledge to learn how to use the hardware or to construct a circuit based on the knowledge of electronic components. In this paper, we developed a new electronic board as a tool for physical computing education and verified digital I/O and analog I/O operation in arduino integrated development environment and entry platform. The electronic board is manufactured by adopting RJ11 connector and in a modular form so that anyone can use it easily without knowledge of parts and circuit diagram. The developed electronic board is compatible with various components that can be connected to the 3-pin connector, uses a general programming tool, and has a separate switch that can immediately turn off the power in case of emergency, ensuring safety as a education tool.

Keywords

physical computing, computing thinking, electronic board, arduino, entry

* 조선이공대학교 자동화시스템과 부교수
- ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4161-4909>

• Received: Sep. 25, 2019, Revised: Oct. 28, 2019, Accepted: Oct. 31, 2019
• Corresponding Author: Song-Ju Kim
Dept. of Mechatronics, Chosun College of Science & Technology,
Pilmundaero 309-1, Dong-gu, Gwangju, 501-744, Korea
Tel.: +82-62-230-8290, Email: hsdady07@naver.com

1. 서론

피지컬 컴퓨팅(Physical computing)은 컴퓨터의 사용 방식을 변화시킬 뿐만 아니라 컴퓨터의 기능을 대하는 방식, 상호작용 및 작동 방식에 대한 우리의 사고를 변화시켜 왔다[1]. 센서와 액추에이터를 통해 물리적 세계와 컴퓨팅을 완벽하게 통합하는 피지컬 컴퓨팅 시스템은 우리 사회에 개선된 생활수준, 더 높은 보안 및 편의성과 효율성을 제공하였다[2].

인간과 컴퓨터의 상호 작용은 비교적 최근의 현상이다. 컴퓨터 하드웨어가 엄청나게 비쌌던 1970년대의 프로그래밍 연구는 제한된 컴퓨팅의 사용을 최적화하는 방향으로 나아갔다. 이후 하드웨어가 더욱 강력해지고 저렴해짐에 따라 디자인은 컴퓨터의 편의성에서 인간을 위한 편의성으로 발전할 수 있었다. 이러한 변화를 설명하기 위해 “ubiquity”, “pervasive”, “tangible”, “spatial or physical computing”과 같은 다양한 용어들이 등장하였는데 그린월드(Simon greenwold)는 피지컬 컴퓨팅을 실제 객체와 공간에 대한 참조를 유지하고 조작하는 기계와 인간의 상호작용으로 정의하였다[3][4].

마이크로컨트롤러 기반의 툴 키트와 피지컬 컴퓨팅 디바이스들이 수년간 로봇교육, 환경 센싱, 과학 실험 등의 교육 분야에서 사용되어지고 있다[5]. 또한 국내에서도 피지컬 컴퓨팅과 컴퓨팅 사고력(Computational thinking)에 대한 관심이 확대되고 있는데, 이는 2015 개정 교육과정에 초·중등 정보교과 과목이 필수로 지정되었으며 중등 정보교과 단원에 피지컬 컴퓨팅의 내용이 포함되어 프로그래밍 교육에 대한 이론 및 실습을 하도록 한 것이 큰 동기가 되었다[6].

2015년 이전에는 소수의 영재반 교육이나 방과 후 수업의 로봇 교육, 프로그래밍 교육의 일환으로 피지컬 컴퓨팅 디바이스들이 도입되어 왔다. 또한 초등 실과 교과영역에서 개별적인 센서와 액추에이터 부품들을 다루는 로봇 교육이 이루어져 왔으나 코딩교육에 대한 내용은 없고 로봇에 대한 이론적인 이해와 간단한 조작을 해보는 정도의 수업이 진행되어 왔다. 하지만 2015 개정 과정의 교과서가 본격적으로 보급될 2019년부터는 다양한 전자 보드를

활용한 코딩 및 피지컬 컴퓨팅 교육이 주류를 이루게 될 전망이다[7].

현재 피지컬 컴퓨팅 교육 도구로는 오픈소스(Open-source) 하드웨어인 아두이노(Arduino)와 호환 보드들을 주로 활용하고 있지만 기기의 사용법을 익히거나 전자 부품들의 지식을 바탕으로 회로를 구성하는 데에 상당한 사전 지식과 시간을 투자해야 하는 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 하드웨어에 대한 전문 지식이 없는 초보적인 학습자들이 피지컬 컴퓨팅 과정을 아무런 부담 없이 경험하고 학습할 수 있도록 전자 부품들을 모듈형으로 설계하였고 RJ11 커넥터를 채택하여 편리성과 안전성을 확보한 새로운 전자보드를 개발하였다.

II. 관련 연구

2.1 피지컬 컴퓨팅

피지컬 컴퓨팅의 개념은 뉴욕 대학교의 오설리번(Dan O'Sullivan)과 아이고(Tom Igoe) 교수가 인터랙티브 피지컬 시스템의 내용을 가르치기 위해서 처음으로 사용한 개념이다. 그들은 피지컬 컴퓨팅을 물리적인 실제 세계의 모습을 센서를 통해 이해하고 상호작용이 가능한 컴퓨팅의 가상 세계가 이에 대한 반응을 액추에이터를 통해 대화하는 시스템이라고 정의하였다[1]. 지금까지 인간과 컴퓨터의 인터페이스는 주로 마우스, 키보드, 모니터, 프린터 등의 전통적인 방식을 통해 이루어졌다면 피지컬 컴퓨팅은 다양하게 확장된 인터페이스를 사용하는 방식으로 진화하였다.

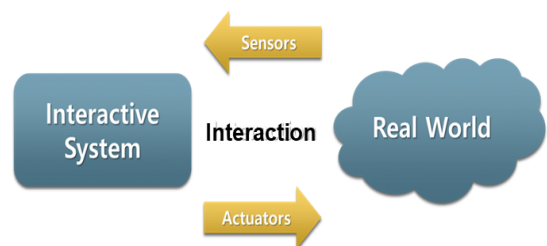


그림 1. 피지컬 컴퓨팅의 개념도
 Fig. 1. Conceptual diagram of physical computing
 (출처 : <http://computing.or.kr>)

피지컬 컴퓨팅 시스템은 사물인터넷, 로봇 교육, 메이커(Maker) 운동, 미디어 아트 등 다양한 분야에 활용되고 있으며, 소프트웨어 교육의 교구로도 활용되고 있다. 특히 프로그래밍 언어에 익숙하지 않은 학생들을 위해 친근하게 접근할 수 있도록 만든 교육용 프로그래밍 언어(EPL, Educational Programming Language) 등을 사용하여 피지컬 컴퓨팅 교구를 활용한다. 현재 수많은 EPL이 개발되어 사용되는데 블록형 프로그래밍 언어들이 주류를 이루고 있으며 스크래치(Scratch)와 엔트리(Entry)가 대표적이다.

기존의 소프트웨어 교육 방식은 학습자들의 사고를 모니터 안에 머물게 할 가능성이 많지만 피지컬 컴퓨팅 기반의 교구나 콘텐츠가 도입이 되면 학생들의 컴퓨팅 사고력을 확장시켜 창의력을 발휘하고 문제해결력을 키우며 동시에 교육적 흥미도 갖게 되는 역할을 할 수 있다[8].

2.2 피지컬 컴퓨팅과 컴퓨팅 사고력

1980년 파퍼트(Seymour Papert) 교수에 의해 컴퓨팅 사고력이라는 단어가 처음 사용되었으며 2006년 윙(Jeannett M. Wing) 교수에 의해 널리 알려지게 되었다. 윙은 컴퓨팅적 사고를 추상화와 분해를 통해서 복잡한 시스템을 설계하거나 난해한 문제를 해결하는 능력이라고 정의하였다. 또한 컴퓨팅적 사고는 과학자뿐만이 아니라 읽기와 쓰기, 연산 능력 처럼 학생들이 기본적으로 갖추어야 할 역량이라고 하였다[9]. 즉 컴퓨팅 사고력이란 컴퓨팅의 기본 개념과 원리를 이해하고 이를 기반으로 주어진 문제를 효과적으로 해결할 수 있는 사고 능력을 말한다[10].

컴퓨팅 사고력의 향상을 위한 다양한 방안들이 제안되었는데 본 논문에서는 피지컬 컴퓨팅 도구의 설계 및 개발, 피지컬 컴퓨팅을 활용한 소프트웨어 교육의 효과 등에 초점을 맞추었다. 소프트웨어 교육과 관련하여 피지컬 컴퓨팅 교구의 활용은 학생들의 흥미를 유발하고, 논리적 사고력을 향상시킨다는 결과를 확인할 수 있었다[11]-[13].

2.3 피지컬 컴퓨팅 도구

피지컬 컴퓨팅의 1세대 유형으로 1980년대와 1990년대 초 LEGO/Logo 플랫폼의 개발과 MIT 미

디어랩의 “programmable bricks”가 등장하였으며 2세대 디바이스들은 1990년대 후반에 개발되었고 새로운 유형의 센서, 액추에이터, 컴퓨터와 상호작용하는 방법들을 포함하여 초기 플랫폼의 기능들을 확장시켰다.

3세대 장치들은 21세기 초에 개발되었다. 이 기간 동안에 개발된 플랫폼들은 아주 어린 아이들, 기술과 친숙하지 않은 디자이너, 개발도상국의 어린이들과 같은 새로운 사용자층을 목표로 설계되었는데 이 장치들은 컴퓨팅에 대한 참여를 넓히고 사용자들이 새로운 지식의 영역에 접근할 수 있는 장치들을 만드는데 특별히 역점을 두었다. 예를 들면 수학이나 과학의 복잡한 개념을 탐구할 수 있는 가능성을 열어주는 방법으로서 모듈식 접근 방식을 사용하였다[5].

현재 국내외에서 종류와 기능이 다양한 피지컬 컴퓨팅 도구들이 개발되어 활용되고 있는데 교육의 목적이나 소요 예산 등과 같은 각자의 필요에 따라 선택을 하면 될 것이다.

그림 3은 국내 피지컬 컴퓨팅 교육 플랫폼인 네이버 엔트리에서 지원하는 피지컬 컴퓨팅 도구 중 일부이다. 현재 엔트리에서 지원하는 하드웨어는 보드형, 모듈형, 로봇형의 3가지로 분류할 수 있다.

햄스터나 거북이 등의 로봇형은 장난감 같은 친근한 외형의 완제품 형태로 제공되어 어린 학생들도 쉽게 접근할 수 있으나 가격이 비교적 비싼 편이다. 리틀비츠, 비트브릭 같은 모듈형은 센서나 LED, 모터 등이 모듈로 제공되어 원하는 모듈을 선택하여 사용하면 된다. 아두이노로 대표되는 보드형은 상대적으로 가격이 저렴하지만 전자 부품과 전기 회로에 대한 지식이 필요하므로 접근이 어려운 편이다.



그림 2. 프로그래머블 브릭스
Fig. 2. Programmable bricks
(출처 : <https://www.media.mit.edu>)

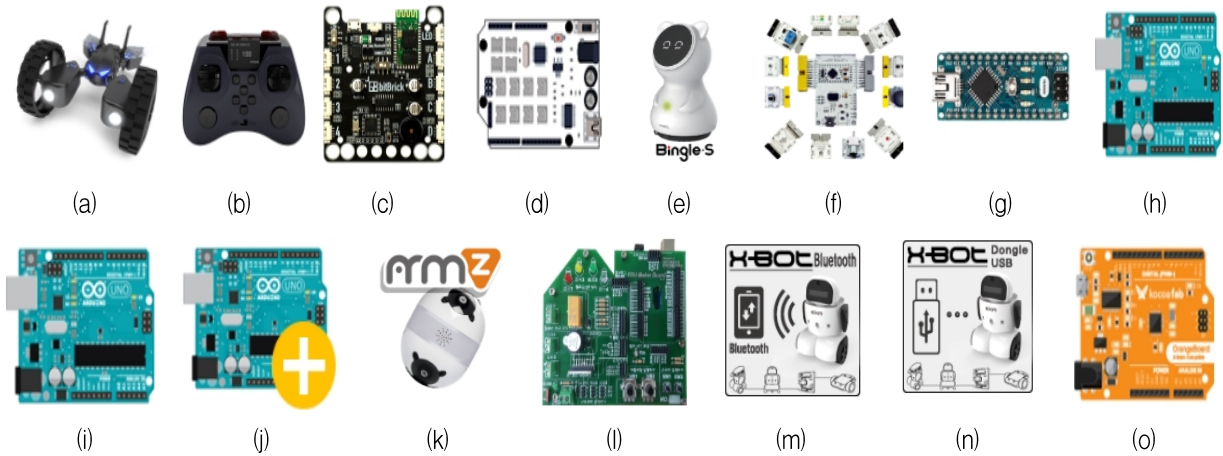


그림 3. 엔트리에서 지원하는 피지컬 컴퓨팅 도구, (a) 바이로봇 페트론 V2 자동차, (b) 바이로봇 페트론 V2 조종기, (c) 비트브릭, (d) 비트블록, (e) 빙글 S, (f) 아두블럭, (g) 아두이노 Nano, (h) 아두이노 Uno 정품보드, (i) 아두이노 Uno 호환보드, (j) 아두이노 Uno 확장보드, (k) 암즈, (l) 에듀메이커 보드, (m) 엑스봇(블루투스), (n) 엑스봇(원터치 동글/USB), (o) 오렌지 보드

Fig. 3. Physical computing tools supported by entry, (a) Byrobot petrone V2 car, (b) Byrobot petrone V2 remote controller, (c) Bitbrick, (d) Bitblock, (e) Bingle S, (f) Ardublock, (g) Arduino Nano, (h) Arduino Uno genuine board, (i) Arduino Uno compatible board, (j) Arduino Uno expansion board, (k) Armz, (l) Edumaker board, (m) X-bot(Bluetooth), (n) X-bot(one-touch dongle), (o) Orange board (출처 : <https://playentry.org>)

III. 전자보드 설계 및 개발

현재 대부분의 피지컬 컴퓨팅 보드는 아두이노 UNO와 그 호환보드들이 주로 사용되고 있다. 따라서 본 논문에서도 아두이노 보드의 회로도 및 입/출력 핀, 통신 규약 등을 기준으로 삼아 보드를 설계하였다. 아두이노는 세계적으로 많은 사용자층과 자료들이 공개되어 있으며 아두이노 프로그램 개발환경(IDE)을 그대로 사용할 수도 있고 또한 모든 소스가 공개되어 있기 때문에 코딩 도구의 개발도 용이한 편이다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 보드의 회로도이다. 개발된 전자보드는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

첫째, 아두이노 UNO 보드의 공개된 회로를 기반으로 보드를 설계하였다. 마이크로컨트롤러는 ATmega328P-MU를 사용하였는데 디지털 14핀(PD0~PD7, PB0~PB5)과 아날로그 8핀(ADC0~ADC7)을 조합하여 입력 4포트, 출력 4포트, RGB Led 전용 1포트, 부저 모듈 전용 1핀을 할당하였다. 그리고 리셋 핀, 전원 핀, SPI 통신용 핀 등은 아두이노의 핀 맵

과 동일하게 사용하였다. USB to UART 인터페이스로 FT231X칩을 사용하였고 블루투스 모듈 HC06 칩을 회로에 추가하였다. 사용의 편의를 위해 온/오프 전원 스위치와 2가지 모드(USB 모드, 블루투스 모드) 선택을 위한 슬라이드 스위치가 달려있다. 그림 5는 개발된 전자보드의 시제품 모습이며 입출력 핀 맵을 표 1에 정리하였다.

표 1. 제안된 보드의 핀 맵
Table 1. Pin map of a proposed board

CPU Pin	Proposed board	
PC1 / ADC0	INPUT #1	INPUT
PC2 / ADC1	INPUT #2	
PC3 / ADC2	INPUT #3	
PC4 / ADC3	INPUT #4	
PD6 / PD2	OUTPUT #1	OUTPUT
PD7 / PD3	OUTPUT #2	
PB0 / PD4	OUTPUT #3	
PB1 / PD5	OUTPUT #4	
PB3	R	LED
PB4	G	
PB5	B	
PB2		Buzzer

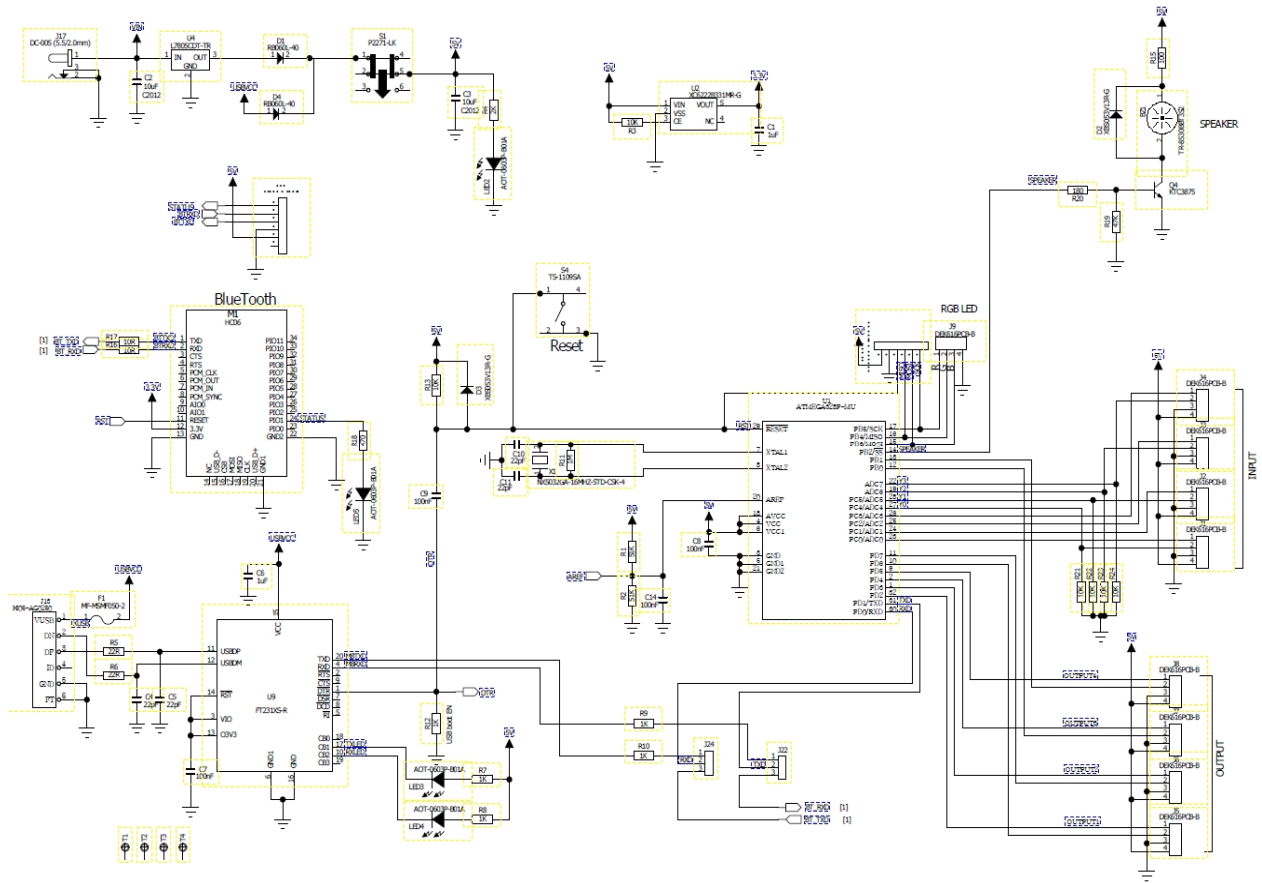


그림 4. 제안된 보드의 회로도
Fig. 4. Proposed circuit diagram

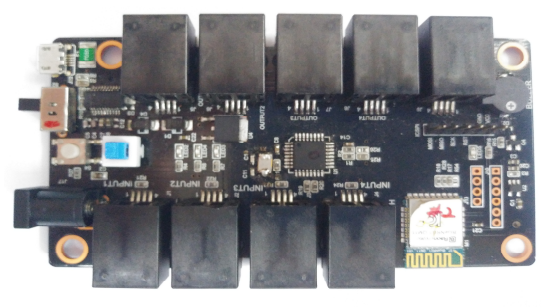


그림 5. 전자보드 시제품
Fig. 5. Prototype of electronic board

둘째, 피지컬 컴퓨팅 교육에 기초적이며 자주 사용하는 부품들을 모듈형으로 제작하였다. RGB LED와 버튼, 가변저항, 조도 센서, 적외선 센서, 사운드 센서 등을 모듈형으로 제작하였다. 전자 부품과 회로도에 대한 지식이 없는 학생들이 브레드보드에 부품을 장착하고 전자보드와 배선을 하는 작업이 쉽지 않기에 RJ11 커넥터(RJ11 6P4C)를 사용하여 모듈형 부품들을 연결할 수 있도록 설계하였다.

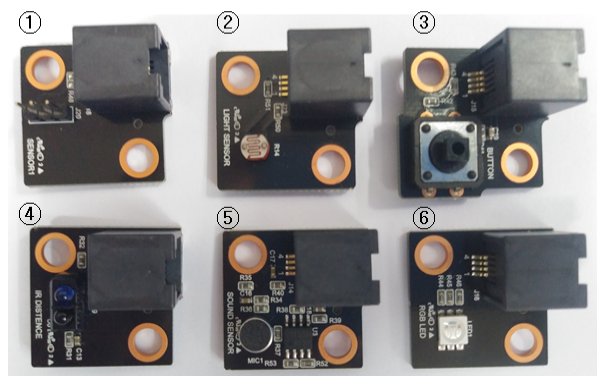


그림 6. 모듈형 부품 시제품, (① 3핀 커넥터, ② 조도센서, ③ 버튼모듈, ④ 적외선센서 ⑤ 사운드센서, ⑥ RGB LED)
Fig. 6. Prototype of modular parts, ① 3pin connector, ② Light sensor, ③ Button module, ④ IR sensor ⑤ Sound sensor, ⑥ RGB LED

또한 추가적인 아두이노 3핀 센서에 대응할 수 있도록 여분의 3핀 커넥터를 제작하였다. 그림 6은 다양한 모듈형 부품들의 시제품 사진이다.

셋째, 교구의 안전성을 고려하였다. 아두이노 같은 보드에서는 회로의 잘못된 배선이나 부품의 극성 오류로 인해 가끔 부트로더(Bootloader)가 손상되어 보드가 망가지는 경우가 생기기도 한다. 또한 저학년 학생들의 경우에는 저항이나 트랜지스터, 핀이 노출된 센서류 등의 부품에 찔리거나 긁히는 등의 안전 상 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서 제안한 보드는 부품의 극성이나 배선에 대한 아무런 고민 없이 커넥터에 연결하기만 하면 되고 유사시 즉시 전원을 차단할 수 있는 전원 스위치가 별도로 마련되어 있기에 교구로서의 안정성이 탁월하다고 할 수 있다.

표 2는 아두이노 UNO 보드와 논문에서 개발된 전자보드의 사양을 비교한 것이다.

표 2. 아두이노 UNO 보드와 개발된 보드 사양 비교
Table 2. Spec comparison of arduino UNO and developed board

Item	Arduino UNO	Developed board
MCU	ATmega328P -PU(28 pins)	ATmega328P -MU(32 pins)
Operating voltage	5V	5V
Input voltage	7-12V	7-12V
Digital I/O	14 pins	5 ports
Analog In	6 pins	4 ports
USB interface	Type B	Micro Type B
USB controller	ATmega16u2	FT231X
Clock speed	16MHz	16MHz

IV. 제안된 전자보드의 동작 검증

논문에서 제안한 전자보드와 모듈형 부품을 사용하여 보드가 안정적으로 동작하는지 테스트하였다. 동작 검증은 아두이노 통합개발환경(IDE)과 블록형 프로그램 방식인 엔트리 플랫폼에서 진행하였다. 엔트리 플랫폼에서는 개발된 전자보드의 하드웨어 등록이 아직 되어있지 않은 상태이기 때문에 아두이노 UNO 호환보드로 하드웨어를 설정하고 테스트를 진행하였다. 동작 검증은 크게 세 부분으로 나누어 진행하였다. 디지털 입출력(LED 온/오프 동작, 버튼 모듈 작동, 부저모듈 작동), 아날로그 입력(가변저항 값, 조도센서 값, 사운드센서 값, 적외선센서 값 입력), 아날로그 출력(서보 모터) 등으로 나누어 검증을 실시하였다.

그림 7은 아두이노 IDE를 이용하여 12번핀(PB4)에 연결된 RGB 녹색 LED를 1초에 한 번씩 점멸하는 프로그램과 실제 동작하는 모습이다.

```

sketch_sep23a | 아두이노 1.8.5
파일 편집 스케치 툴 도움말
sketch_sep23a $
1 void setup() {
2   pinMode(12, OUTPUT);
3 }
4
5 void loop() {
6   digitalWrite(12, HIGH);
7   delay(1000);
8   digitalWrite(12, LOW);
9   delay(1000);
10 }

```

스케치는 프로그램 저장 공간 928 바이트
전역 변수는 동적 메모리 9바이트(0%)를

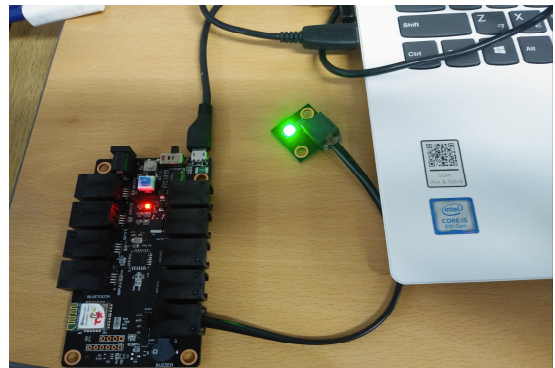


그림 7. 아두이노 IDE를 이용한 LED 온/오프 제어
Fig. 7. LED on/off control using arduino IDE

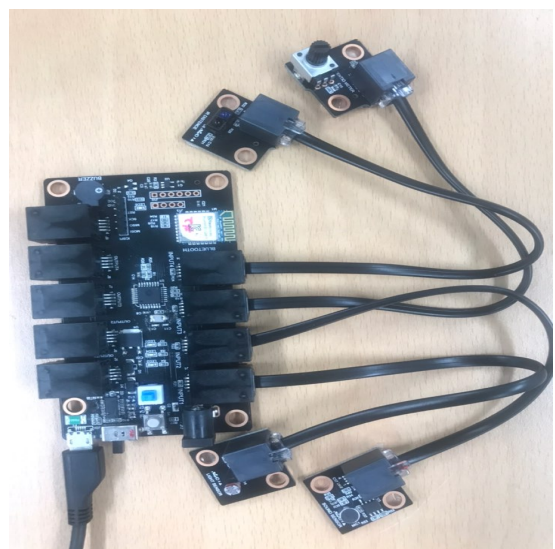


그림 8. 아날로그 입력 동작검증
Fig. 8. Operation test of analog inputs

그림 8은 아날로그 입력을 테스트하기 위하여 4개의 센서를 입력포트에 연결한 사진이고 그림 9는 엔트리를 이용하여 4개의 입력포트에 연결된 각 센서 값을 읽어 들이는 프로그램을 작성한 것이다. 가변저항은 20KΩ 용량, 조도센서는 CDS cell (GL5516), 사운드센서는 감도 -40dB의 마이크와 두 개의 연산증폭기(LM358)를 사용하여 설계하였으며 이론적으로 0~1023의 값을 갖는다.

적외선센서는 TCRT5000을 사용하며 두 개의 LED를 이용하여 적외선을 송수신하는데 검은색은 빛을 흡수하는 성질을 이용하여 주로 라인트레이서 등에 응용한다. 아날로그 핀을 이용하면 최대 8cm 거리의 장애물을 측정할 수 있는 근접 센서이다.



그림 9. 엔트리를 이용한 아날로그 입력 프로그램
Fig. 9. Analog input program using entry

표 3. 디지털 입출력 동작 결과
Table 3. Results of digital I/O operation

Operation	Arduino IDE	Entry
1. LED ON/OFF	Normal	Normal
2. LED blink		
LED control using buttons	Normal	Normal
Playing the melody using buzzer	Normal	Normal

표 3은 디지털 입출력의 동작 결과이고 표 4는 가변저항, 조도센서, 사운드센서 값이 감지하는 범위와 적외선 근접센서가 물체를 인식할 수 있는 거리, 서보모터의 작동 범위를 나타내고 있다.

표 4. 아날로그 입출력 결과 값
Table 4. Result value of analog I/O

	Arduino IDE	Entry
Variable resistance	100 ~ 900	100 ~ 900
Light sensor	10 ~ 990	10 ~ 990
Sound sensor	50 ~ 900	50 ~ 900
IR distance sensor	1 ~ 8 cm	1 ~ 8 cm
Servo motor	0 ~ 180°	0 ~ 180°

V. 결론 및 향후 과제

미국과 유럽을 비롯한 선진국에서는 이미 4차 산업혁명 시대의 국가 경쟁력 제고를 위해 초·중등 교육 현장에서 컴퓨팅 사고력의 향상을 위한 정보 교육, 소프트웨어 교육에 대한 투자가 진행되어 왔다. 이에 국내에서도 2015 개정 교육과정을 통해 창의적 인재 양성을 위한 다양한 피지컬 컴퓨팅 교육에 관심을 두게 되었다. 이에 논문에서는 피지컬 컴퓨팅 교육을 위한 도구로서 새로운 전자보드를 개발하고 아두이노 통합개발환경과 엔트리 플랫폼에서 그 동작을 검증하였다.

기존 교육현장에서 주로 사용되는 교육용 전자보드는 하드웨어와 전자 부품 및 전기회로 배선에 대한 사전 지식이 교사와 학생 모두에게 요구되었다. 이는 컴퓨팅 사고력 향상과는 상관없는 학습 부담으로 작용하여 오히려 교육에 대한 몰입에 방해가 되었다. 새로 개발한 전자보드는 이러한 부작용을 최소화하여 전문적인 지식이 없는 초보자라도 아무런 부담 없이 쉽게 접근할 수 있도록 설계되었다.

본 논문에서 개발한 전자보드는 3핀 전자부품 및 범용적인 프로그래밍 도구와의 호환성, 회로 구성에 대한 전문 지식이 없더라도 교구를 사용하여 프로그래밍 할 수 있는 용이성, 파손이나 안전사고를 방지할 수 있는 안전성을 그 특징으로 한다.

향후 개발한 전자보드는 스크래치나 엔트리 같은 코딩 플랫폼에 적용될 수 있는 새로운 코딩 블록을 개발 중에 있다. 또한 피지컬 컴퓨팅 교구로서의 완

벽한 역할을 수행하기 위해서 관련 교육 콘텐츠와 학습 프로그램도 구안되어야 할 것이다.

References

[1] D. O'Sullivan and T. Igoe, "Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers", Course Technology Press, pp. 5-10, May 2004.

[2] J. A. Stankovic, I. S. Lee, A. Mok, and Rajkumar, "Opportunities and obligations for physical computing systems", IEEE Computer Society, Vol. 38, No. 11, pp. 23-31, Nov. 2005.

[3] S. Greenwold, "Spatial Computing", Master's thesis, MIT, pp. 15-20, Jul. 2005.

[4] P. Papadimitos, "Physical Computing : Using everyday objects as Communication tools", Master's thesis, University of London, pp. 32-37, Sep. 2005.

[5] P. Blikstein, "Gears of our childhood: constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future", Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, pp. 173-182, Jun. 2013.

[6] K. S. Eom, Y. J. Jang, J. M. Kim, and W. G. Lee, "Development of a Board for Physical Computing Education in Secondary Schools Informatics Education", The Journal of Korean Association of Computer Education, Vol. 19, No. 2, pp. 41-50, Mar. 2016.

[7] G. R. Park, "A Study on Development of Physical Computing Tools for Software Education", The Journal of Korean Practical Arts Education, Vol. 25, No. 1, pp. 43-61, Feb. 2019.

[8] H. K. Jeon and Y. S. Kim, "Design of Physical Computing Teaching-tool Based on Knowledge Structuralization in Software Education at Elementary and Secondary school", The Korean Association of Computer Education, Vol. 20, No. 2, pp. 39-42, Aug. 2016.

[9] J. M. Wing, "Computational Thinking", Communications of the ACM, Vol. 49, No. 3, pp. 33-35, Mar. 2006.

[10] Ministry of Education, "2015 Revised National Curriculum", Sep. 2015.

[11] E. K. Lee and Y. J. Lee, "The Effect of a Robot Programming Learning on Problem Solving Ability", The Journal of Korean association of computer education, Vol. 10, No. 6, pp. 19-28, Oct. 2007.

[12] S. K. Jeon, "A study on Programming Education using Physical Computing for Sustainable Interest Development", PhD's thesis, Korea National University of Education, pp. 76-82, Aug. 2016.

[13] K. H. Kim, "The Effects of the Robot Based Instruction on Improving Immersion Learning", The Journal of Korean association of computer education, Vol. 14, No. 2, pp. 1-12, Mar. 2011.

저자소개

김 승 주 (Song-Ju Kim)



1992년 2월 : 전남대학교
전자공학과(공학사)
1998년 2월 : 전남대학교
전자공학과(공학석사)
2012년 2월 : 전남대학교
전자정보통신공학과(공학박사)
2012년 ~ 현재 : 조선이공대학교

자동화시스템과 부교수

관심분야 : 영상처리, 임베디드 시스템, RF-IC, IoT