

Computational Thinking의 학교 현장 적용을 고려한 원보드컴퓨터의 가능성과 제한점에 관한 연구

김석희[†] · 유현창^{††}

요 약

국제적 환경의 변화와 ICT 소양 위주의 교육에서 벗어나 Computational thinking을 학교 교육과정에 반영하려는 노력이 전개되고 있다. 실제로 교육이 이루어지게 되면 교육용 컴퓨터의 정비가 이루어져야 한다. 국민권익위 자료에 의하면 기존의 방법대로 컴퓨터를 보급한다면 많은 비용이 든다. 본 연구의 목적은 Computational Thinking이 학교 현장 적용에 필요한 도구로서 저비용과 저 전력의 원보드컴퓨터의 가능성과 제한점을 연구 하였다. 연구방법으로 기본 성능비교, Physical Computing에 적용, 프로그래밍 교육에 적용, 컴퓨터 관리, 전력 소모, 실제 학생들에게 적용평가 등으로 나누어 연구했다. 연구결과 대용량의 데이터의 저장과 처리를 요구하지 않는 컴퓨팅이 아니라면 데스크탑 컴퓨터를 충분히 대체할 수 있으며, 전력소모 역시 기존 컴퓨터에 비해 최소 1/5 정도라는 결과를 얻었다. 세 개의 보드 중 Computational Thinking 지원, 사용상의 편의성, 속도 등을 고려하여 가장 적합한 것은 피시듀이노라는 결과를 얻었다.

주제어 : Computational Thinking, 원보드컴퓨터, 피지컬컴퓨팅

The study of potentiality and constraints of the one board computer to teach computational thinking in school

SugHee Kim[†] · HeonChang Yu^{††}

ABSTRACT

With the change of global awareness of Computing education and introspection about Computer education focused on ICT literacy, efforts are being made to reflect computational thinking in the new curriculum. But if computational thinking would be possible at school, it require tremendous cost to prepare computers for school. In this study, we investigate potentiality and constraints of the one board computer to teach computational thinking in school. We study fundamental performance, application of physical computing and programming education, maintenance of the computers, power consumption of the one board computers which is raspberry pi, beagle bone black, and pduino3. The result of the study show that one board computer can substitute desktop of the school unless tasks related to require massive data storage and processing. We draw a conclusion that Pduino3 is well-suited for computational thinking education.

Keywords : Computational Thinking, One board Computer, Physical computing

[†] 정 회 원: 호암초등학교 교사
^{††} 종신회원: 고려대학교 컴퓨터학과 교수(교신저자)
논문접수: 2014년 7월 9일, 심사완료: 2014년 9월 05일, 게재확정: 2014년 9월 26일

1. 연구의 필요성 및 배경

영국은 교육개혁을 통해 2014년 9월부터 초·중·고교 필수과목으로 ‘컴퓨터과학’을 지정한다고 발표하였다. 워드, 엑셀, 인터넷 검색 등을 가르치던 기존의 컴퓨터 활용 교육을 학생들이 직접 컴퓨터 언어를 사용해 소프트웨어(SW)를 만드는 ‘코딩(coding) 교육’으로 전면 개편하였다. John Naughton(2012)은 가디언의 기고문을 통해 학교에서 코딩교육의 필요성에 대해 다음과 같이 기술하였다[9].

“먼저, 우리는 고통스런 사실을 인정할 필요가 있다. 영국의 학교에서 20년 동안 실시한 ICT 교육은 대부분이 쓸모없었고, 잘못된 방향이었다는 것이다.”

이러한 교육 개혁은 우리나라에서도 Computational Thinking을 교육과정에 반영하려는 노력으로 영향을 미치고 있다. 학교교육에 Computational Thinking을 적용하기 위한 현장교사들과 관리자들의 설문조사 결과 역시 80% 이상이 적용이 필요하다고 하였다[2]. 또, 학교현장에 Computational Thinking을 적용하기 위해 가장 시급한 것으로 노후화된 컴퓨터 시설의 보완이라고 지적하였다[2]. 2009년 국민권익위원회에서 조사한 민간 참여 컴퓨터실 구축비용은 평균 139,568,000원 이었다[1].



<그림 1> 99\$ 짜리 KANO 컴퓨터[10]

교사와 관리자들이 지적한 문제를 해결하기 위해서는 많은 예산이 소요될 것이다. 이것은 Computational Thinking이 학교 현장에 적용되기 위해 해결해야 문제 이다. <그림 1>과 같은 라즈

베리파이 기반의 \$99 짜리 KANO[10]는 비용문제의 해결책 중에 하나라고 할 수 있다. 이외에도 비글본블랙[6], 피씨듀이노3[7] 등이 학교 현장에서 적용할 수 있는 원보드 컴퓨터들이다. 본 연구는 그 필요성이 커지고 있는 Computational Thinking을 학교 현장에 적용하기 위한 기반연구로서 최근에 등장하고 있는 저비용, 저탄소의 싱글보드 컴퓨터가 데스크톱 컴퓨터의 대안이 될 수 있는지에 대한 전망과 제한점에 관해 연구를 수행하였다.

2. 관련 연구

2.1 기존 ICT 교육에서 Computational Thinking 중심으로의 전환

영국의 교육부 장관인 Michael Gove는 2012년 BETT(<http://www.bettshow.com/>)에서 영국학교 개혁의 필요성에 대해 다음과 같이 설명하였다 [13]. 영국의 학교는 학생들에게 질 높은 직업을 위한 기본적인 준비를 못하고 있고, 학생들이 기술 변화의 최일선에서 일하는데 필요한 준비를 못하고 있으므로 교육과정 개정이 필요하다는 것이었다. 그는 또, 국가적인 교육과정에 워드나 엑셀을 가르치는 과정 대신에 MIT의 스크래치를 11살짜리 학생들에게 가르친다면 학생들은 대학생이 되어서 스마트폰 앱 개발에 필요한 로직을 배울 수 있다고 주장하였다. 더 나아가 학교에서는 반드시 학생들의 미래를 위해서 Computational Thinking을 길러주어야 한다고 하였다.

Computational Thinking은 Jeanette Wing 에 의해 처음 제안되었다[17]. 그녀는 Computational Thinking 에 대해 읽기, 쓰기, 셈하기처럼 학생들이 기본적으로 길러야 할 기능으로 보았다. Chris Stephenson & Valerie Barr(2011)은 Computational Thinking에 대해 다음과 같은 조작적 정의를 내렸다[15].

- 데이터를 분석하고 논리적으로 조직화
- 데이터 모델링과 시뮬레이션
- 컴퓨터가 문제를 풀 수 있도록 표현

- 가능한 문제 해결방법을 찾고, 테스트하고, 구현하는 것
 - 알고리즘적인 사고를 통해 해결책 자동화
- 이러한 국제적인 환경변화는 앞으로 교육과정 개정은 기존의 ICT 소양 위주의 교육에서 Computational Thinking향상을 위한 방향으로 수정되어야 한다는 것을 시사한다.

1.2 원보드컴퓨터의 성능에 관한 연구

영국의 비영리 단체인 라즈베리 재단에서 만든 신용카드크기만한 라즈베리파이는 전 세계적으로 수백만 개가 팔렸으며, 영국의 학교현장에서 교육용으로 활용되고 있다[2]. 원보드컴퓨터의 정의는 한 개의 회로 보드위에 마이크로프로세서, 메모리, 입출력 I/O, 그 이외에 컴퓨터의 동작을 위한 모든 부품을 포함하는 컴퓨터이다.

리눅스 기반의 원보드컴퓨터와 데스크탑의 성능을 비교한 연구에서는 라즈베리파이, 비글보드 블랙, 데스크톱 컴퓨터, 맥북에어의 성능을 비교하였다[16]. <표1>은 비교 대상 컴퓨터의 사양을 나타낸 것이다. 이 연구에서는 리눅스, 윈도우즈, OS X 등 다양한 운영체제에 설치될 수 있는 건축 시뮬레이션 툴인 ESP-r을 설치하여 성능을 비교하였다.

<표 1> 기존 연구에서의 비교대상 컴퓨터 사양

구분	비글본 블랙	라즈베리 파이	레노버 (2009)	맥북에어 (2013)
CPU	ARMv7 1GHz	ARMv6 1GHz	2X Core2 2.8GHz	1.3GHz Core I5
운영 체제	Ubuntu 12.10	Debian 7.2	CentOS 6.4	OSX 10.8.5
커널	4.7.2	3.6.11	2.6.32	Darwin12.5
디스크	micro-SDHC 8GB	SDHC 7.2GB	200GB 7.5k RPM	128GB SSD
주메모리	501MB	481MB	2GB	4GB

이 연구에서는 ESP-r의 컴파일 시간, ESP-r에 포함된 다양한 모듈의 실행 시간을 비교하였다. 그 결과 라즈베리파이와 맥북에어의 가격은 300배 차이가 나지만 성능은 10배 내외로 차이가 난다는 것이었다. 또, 이 연구에서는 대학생과 대학원생들에게 Matlab 프로그램과 호환되는 오픈

소스인 OCTAVE를 같은 장소의 데스크탑 컴퓨터와 싱글보드 컴퓨터에 설치해 실습을 해 보도록 하고 사용 결과를 조사하였다. 그 결과 대부분의 학생들은 원보드컴퓨터와 데스크탑 컴퓨터를 차이를 크게 느끼지 못하고 사용하였다. 이를 통해 연구자는 대용량의 데이터를 요구하지 않는 일반적인 용도에서는 OCTAVE 사용에 무리가 없다는 결론을 내렸다. 이는 원보드컴퓨터의 교육적 활용에 대한 가능성을 보여 준다고 할 수 있다. 또 다른 연구로 아프리카 가나의 ASHESI 대학의 학생들을 대상으로 라즈베리파이와 큐비보드(<http://cubieboard.org/>)의 사용성을 비교 평가한 연구가 있다[14]. 평가를 위해 대학생들이 선호하는 프로그램을 조사하여 각각의 보드에 조사한 프로그램의 설치와 사용 편의성에 대해 비교 하였다. 평가 항목은 운영체제의 설치 여부 및 부팅 속도, 오피스, 프로그래밍 툴, 웹브라우저, 멀티미디어로 나누어 비교 평가 하였다. 그 결과 피시듀이노와 같은 A10 CPU를 사용하는 큐비보드가 낫다는 결론을 내렸으며 학생들이 선호하는 프로그램에 대해 원보드컴퓨터에 설치 및 사용에 문제가 없다는 결론을 내렸다.

3. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구에서에서 선정한 원보드컴퓨터는 다음과 같은 기준으로 선정하였다.

- 가격 100\$ 이하
- 모니터 출력 포트를 제공
- 오픈소스 및 하드웨어 기반

이러한 기준에 따라 본 연구에서 연구대상으로 선정한 원보드컴퓨터는 <표 2>와 같다. 이런 기준에 따라 모니터 출력이 없는 아두이노 Yun (Ardino Yun)은 제외하였으며 가장 최근에 나온 피시듀이노(Pcduino V3)는 포함되었다. 연구대상의 컴퓨터들은 모두 ARM 기반의 프로세서이며 데스크탑 컴퓨터와는 달리 아두이노(Arduino)처럼 센서와 모터 등을 제어할 수 있는 GPIO(General

purpose Input output) 핀을 보드에 포함하고 있다.

<표 2> 하드웨어 사양

구분	라즈베리파이 (모델 B)	비글본블랙 ReV2	피시 듀이노
CPU	ARMv6 700MHz	ARMv7 1GHz	ARM Cortex A7 Dual Core 1GHz
운영체제	Debian 7.2	Debian 7.5	Ubuntu 12.04
디스크	없음	2GB	4GB
주메모리	512MB	512MB	1GB
외부저장 장치	SD card	Mini SD	Mini SD
전원	5V	5V	5V
크기	85.6mm X 56mm	86.4mm X 53.5mm	121mm X 65mm
디지털 입출력 I/O	17	65	20
아날로그 입력	없음	7	12
UART	1	2	1
SPI	2	2	1
I2C	1	2	1
USB 포트	2	1	1
비디오 출력	HDMI RCA	Micro HDMI	HDMI
비디오 입력	CSI	없음	MIPI
오디오 출력	HDMI 3.5mm	HDMI	HDMI 3.5mm
네트워크	10/100M Ethernet	10/100M Ethernet	10/100M Ethernet Wifi
전원출력	3.3V 50mA 5V 500A	3.3V 250mA 5V 1A	3.3V~5V 30mA
가격	35\$	\$45	77\$
기타			SATA 하드디스크 지원

GPIO에는 0V, 5V 두 종류의 신호를 입출력할 수 있는 디지털 핀과 0~5V 사이의 입력을 ADC(Analog Digital Converter)에 의해 디지털 값으로 변환하는 기능을 가진 아날로그 핀이 있다. 또한 통신 기능을 가진 다른 센서, LCD모듈 등과의 통신규격인 UART, SPI, I2C 등을 공통적으로 지원하고 있다. <그림 2>는 실제 보드를 명함과 비교한 사진이다. 왼쪽부터 명함, 라즈베리파이, 비글본 블랙, 피시듀이노이다. 피시듀이노가 다른 컴퓨터에 비해 크기가 크고, 라즈베리파이와 비글

본 블랙은 크기가 비슷하다. 특히 피시듀이노는 보드상에 기본적으로 와이파이를 포함하고 있고, 이름이 의미하듯 아두이노와 PC의 기능을 함께 제공하는 목표로 개발되어 대부분의 아두이노 쉴드와 호환된다.



<그림 2> 명함과 원보드컴퓨터 크기 비교

<표 2>는 인터넷에 공개된 원보드컴퓨터의 사양이다[6][7][11]. 공개된 사양으로만 비교하면 피시듀이노가 가장 우수한 것으로 평가할 수 있다.

3.2 기본 성능 비교 방법

본 연구에서는 원보드컴퓨터들의 기본 성능 비교를 위해 우분투/데비안에 설치 가능한 Sysbench 프로그램을 활용하였다. Sysbench 프로그램을 활용하여 기본적인 성능을 비교 평가한다.

- CPU 성능
- 메모리 성능
- FILE I/O 성능

3.3 Physical Computing 지원

원보드컴퓨터의 가장 큰 특징은 GPIO를 이용하여 LED, 모터, 센서 등을 활용한 수업이 가능하다는 것이다. 이것은 데스크탑과 차별되는 기능으로 Physical Computing을 활용한 교육에 활용될 수 있다. Physical Computing은 전통적인 마우스나 키보드가 아니라 인간이 감지할 수 있는 에너지 또는 사람에 의해 만들어지는 소리, 동작, 빛, 열 등을 입력으로 사용한다. 즉 입력은 인간의 몸과 두뇌이다. 출력은 빛, 동작 등 사람이 고

안할 수 있는 다양한 형태의 결과가 될 수 있다. 연구대상인 원보드컴퓨터는 공통적으로 GPIO를 갖추고 있다. Physical Computing을 활용한 수업은 학생들의 과학에 대한 흥미와 학교생활에 만족도를 높여 줄 수 있다[3][4]. 또, Physical Computing의 데이터 모델링과 시뮬레이션, 컴퓨터가 문제를 풀 수 있도록 표현, 가능한 문제 해결방법을 찾고, 테스트하고, 구현하는 것, 알고리즘적인 사고를 통해 해결책을 자동화하는 것 등의 영역에서 수업이 가능하다. 본 연구에서는 스크래치 프로그래밍에서 Physical Computing 지원을 평가하고자 한다. Physical Computing이 학교 현장에서 컴퓨터 프로그램 능력에 관계없이 국민보통교육을 받은 사람은 누구나 길러야 하는 사고능력이 되어야 하므로 초보자들도 손쉽게 이용할 수 있는 스크래치를 기준으로 하였다. 구체적인 평가 방법은 다음과 같다.

- 스크래치가 공식적으로 지원하는 장치의 지원 여부
- 스크래치에서 GPIO 디지털/아날로그 핀 입출력 가능 여부

3.4 프로그래밍 교육 지원

프로그래밍은 Computational Thinking 향상을 위한 중요한 도구 중 하나이다. 본 연구에서는 초·중·고 학생들의 프로그래밍 실력을 겨루는 정보올림피아드대회와 공식 프로그래밍 툴인 CodeBlocks을 원보드컴퓨터와 데스크탑에 각각 설치하여 비교평가 하였다. 구체적인 평가 방법은 정보올림피아드를 준비하는 초등학생들과 중학생들에게 2주일 동안 데스크탑과 원보드컴퓨터를 번갈아 사용 후 설문과 인터뷰를 통해 학생들의 사용소감을 비교해 보았다.

3.5 관리 편의성 비교 방법

학교현장에서 컴퓨터를 운용하기 위해서는 유지 보수 측면을 고려해야 한다. 윈도우 기반 컴퓨터의 경우에는 약 2GB에 이르는 운영체제 설치에 많은 시간과 비용이 든다. 또, 교육에 필요한 프

로그램의 설치와 동시에 여러 컴퓨터의 관리를 위해 특별한 프로그램 구입 등에 별도의 비용이 요구된다. 대부분의 학교에서는 외부업체와 계약을 맺고 이 문제를 해결하고 있다. 본 연구에서는 컴퓨터 작동 불능시에 윈도우 기반의 데스크탑 컴퓨터와 원보드컴퓨터의 유지 보수 방법을 비교해 보고자 한다.

3.6 전력 소모 비교

원보드컴퓨터의 장점 중에 하나는 저 전력 소모이다. 본 연구에서는 전력소모를 측정하기 위해 인스펙터2를 이용하였다. 인스펙터2는 3,600W 이하 전기기기의 소비전력, 전압, 전류, 주파수, 역률 등을 측정할 수 있다. 이를 활용하여 일정 시간동안 같은 동영상을 플레이했을 때의 전력소모량을 학교에 보급된 일반적인 사양의 데스크톱 컴퓨터와 비교해 보았다.

4. 연구 결과

4.1 기본 성능 비교 결과

원보드의 기본 성능을 비교하기 위해 sysbench 프로그램을 설치하여 CPU, 메모리, FILE IO 등을 평가하였다. Sysbench는 멀티쓰레드에서의 성능 테스트가 가능하다. 멀티쓰레드 테스트에서는 코어가 많은 프로세서 일수록 성능이 우수한 것으로 측정된다.

- CPU 성능평가 방법
2부터 2000 사이의 소수를 가장 기본적인 나누기 알고리즘으로 구할 때 걸리는 시간을 측정한다. Thread의 개수를 달리하여 성능을 평가하였다.
- 메모리 성능 평가
메모리 버퍼 크기를 지정한 후에 그 버퍼에 읽기 쓰기를 반복하다가 그 크기가 최대 지정된 크기에 도달할 때 멈추고 그때의 초당 읽기 쓰기 전송율을 측정한다. Thread의 개수를 달리하여 성능을 평가하였다.
- FILE IO 성능평가
연속 구간 읽기와 쓰기, 랜덤 읽기와 쓰기 방법을

혼합하여 정해진 시간동안 사전에 만든 테스트 파일의 읽기와 쓰기 속도를 측정한다. 본 연구에서는 1G 용량의 파일을 만들어 3분 동안의 읽기, 쓰기의 평균 전송률을 측정하였다.

세 개의 원보드컴퓨터의 성능을 비교한 결과는 <표3>과 같다. CPU 테스트의 경우에는 1개의 Thread에서는 30.1029초를 기록한 비글본 블랙이 가장 우수한 것으로 나왔다.

래치에서의 Physical Computing 지원을 비교해 보았다. 스크래치는 기본적으로 USB에 연결가능한 장치를 통한 Physical Computing 을 지원하고 있다. 본 연구에서는 USB를 통한 연결과 GPIO를 통한 연결로 나누어 비교해 보고자 한다.

먼저 USB를 통해 스크래치와 연결이 가능한 장치는 다음과 같다.

<표 3> 기본 성능 측정 결과

구분	Thread	라즈베리파이	비글본블랙	피시듀이노
CPU	1	40.9834S	30.1029S	32.7234S
	2개	40.8242S	30.147S	16.09094S
메모리	1개	OP: 370.86 ops/sec TR: 370.86 MB/sec	OP: 1009.06 ops/sec TR:1009.06 MB/sec	OP:1038.48 ops/sec TR:1038.06 MB/sec
	2개	OP: 366.25 ops/sec TR: 366.25 MB/sec	OP: 985.41 ops/sec TR:985.41 MB/sec	OP:1499.48 ops/sec TR:1499.48 MB/sec
FILE IO		R: 6.5625Mb W: 4.375MB T:10.938MB(36.964kb/sec)	R: 17.812MB W: 11.875MB T: 29.688MB(101.21kb/sec)	R: 10.312MB W: 6.875MB T:7.188MB(55.816kb/sec)
OP: Operation Performed, TR:2048MB transferred, R: Read, W:Write, T:Total transfer				

그러나 Thread가 2개인 경우에는 듀얼코어인 피시듀이노의 성능이 거의 2배로 높아진 것을 확인할 수 있다. 다른 컴퓨터들은 Thread의 개수를 늘려도 성능 향상은 없었다. 피시듀이노 역시 Thread를 2개 이상에서는 성능 향상은 미미하였다. 메모리 성능비교 결과를 보면 비글본 블랙과 피시듀이노는 비슷했지만 라즈베리파이는 다른 컴퓨터의 1/3 수준이었다.

FILE IO의 경우는 비글본 블랙이 가장 우수하였고, 피시듀이노, 라즈베리파이 순이었다. 멀티쓰레드 환경에서는 피시듀이노, 싱글쓰레드 환경에서는 비글본 블랙이 우수하였다. 종합적으로 가장 가격이 높은 피시듀이노가 가장 우수하다고 할 수 있다.

4.2 Physical computing 지원

원보드컴퓨터가 일반 데스크탑 컴퓨터와 차별성을 가질 수 있는 가장 큰 특징은 Physical Computing 지원이다.

본 연구에서는 연구방법에서 언급한 대로 스크

- 센서보드(Picoboard)- USB 포트를 통해 연결되며 빛, 소리와 저항을 감지하는 4개의 센서와 슬라이드 센서를 갖추고 있다.
- 마키마키(makey makey) - MIT 미디어랩에서 개발한 아두이노를 기반으로 한 보드로서 물체의 전도성을 센싱할 수 있는 보드이다. 이것을 통해 전도성이 있는 물체를 활용한 다양한 프로그래밍이 가능한 보드이다.
- WeDo - LEGO 사에서 만든 로봇 키트로서 한 개의 모터, 조립블록, 기울기, 근접 센서 등을 가지고 있다.

본 연구에서는 Physical Computing 지원을 비교하기 위해 기존연구에서의 Physical Computing 기반의 학습활동을 2개 골라 적용하여 비교해 보았다[3][4].

- 활동 1 - USB 기반의 센서보드를 활용해 소리나 빛 센서에 감지된 빛에 따라 모터를 돌리거나 마키마키로 전도성이 있는 물질을 연결하여 음악을 연주하는 활동

- 활동 2 - USB 기반의 마키마키를 활용하여 인간 드럼을 만들고 드럼 소리에 따라 GPIO에 연결된 LED가 켜지도록 하는 학습 활동

비교를 위한 기본적인 환경은 <그림 3>과 같이 무전원의 4포트 USB 허브를 연결하여 사용하였다. 활동1을 하기 위해서는 센서보드, 마키마키, 모터 등을 동시에 연결해야 한다. 각 보드마다 각각의 장치를 연결하여 스크래치에서 작동여부를 검증한 결과가 <표 4>에 제시되어 있다.

비글본 블랙의 경우 Wedo 모터를 제외하고는 센서보드와 마키마키를 동시에 연결했을 때 작동하였다.



<그림 3> 비글본블랙에 센서보드와 WEDO 모터를 연결

<그림 4>에서 보듯이 비글본 블랙의 경우에 컴퓨터에 인식은 되지만 동작은 되지 않았다. 비글본 블랙의 경우에는 기본적으로 스크래치가 설치되지 않고 추후에 설치해야 한다. Wedo를 스크래치에서 활용하기 위해서는 So 파일을 제조업체에서 제공해야 한다. 그러나 비글본블랙의 경우에는 보드에 맞는 So 파일을 제공하지 않아 WeDo 모터를 스크래치에서 프로그래밍할 수 없었다. Wedo 센서 역시 인식하지 못했다.

<표 4> 스크래치와 연결 가능한 USB 장치로 활동 1을 했을 때의 작동결과

구분	센서보드	마키마키	WEDO
라즈베리파이	작동	작동	작동
비글본블랙	작동	작동	작동 안됨
피시듀이노	작동	작동	작동

라즈베리파이와 피시듀이노 경우에는 3개의 장치가 동시에 작동되었다. 그러나 분당 220번 회전 가능한 모터의 최대 속도는 낼 수 없었다. 시스템 명령으로 확인했을 때 100mA를 지원한다는 것을 확인할 수 있었다.

이 정도의 전류로는 최대속도를 내기에는 충분하지 않다는 것을 확인할 수 있었다. 공통적으로 3개의 보드 모두 USB 플러그엔 플레이를 충실히 지원하고 있어 장치를 연결하자 즉시 인식하여 사용에는 문제가 없었다.

```

root@beaglebone:~/home/debian# lsusb
Bus 001 Device 002: ID 1a40:0101 Terminus Technology Inc. 4-Port HUB
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
Bus 001 Device 003: ID 045e:0782 Microsoft Corp.
Bus 001 Device 004: ID 173d:0002
Bus 001 Device 005: ID 0694:0003 Lego Group
Bus 001 Device 007: ID 0403:6001 Future Technology Devices International, Ltd FT
232 USB-Serial (UART) IC
root@beaglebone:~/home/debian#
    
```

<그림 4> 비글본블랙에 연결된 USB 장치 리스트

마키마키와 연결하여 전도성이 있는 물체를 통해 음악을 연주하는 활동을 할 때, 온보드상에 오디오 잭이 없는 비글본 블랙은 HDMI를 지원하는 모니터와 연결 후 그 모니터의 오디오 잭에 연결해야 하므로 상대적으로 불편했다. 저가 모니터의 경우는 HDMI를 지원하더라도 오디오 출력이 없는 경우도 있다.

활동 2를 하기 위해서는 GPIO와 센서, LED, 모터 등을 연결할 수 있는 브레드보드가 추가적으로 필요하다. 모든 원보드컴퓨터는 GPIO를 프로그래밍할 수 있는 공통적인 방법으로 파이썬 (python)을 설치하여 사용할 수 있다. 세 개의 보드 모두 파이썬을 이용하여 GPIO를 제어할 수 있다.

스크래치를 개발한 MIT 미디어랩에서는 USB 포트에 연결 가능한 공식적인 장치로 센서보드, 마키마키, WeDo, Kinectic2scratch를 지원한다고 명시하고 있다[14]. 스크래치는 Remote Sensor Connections 기능을 통해 다른 소프트웨어와의 통신이 가능하다. 이 기능을 활용하여 공개된 스크래치 소스코드를 수정한 변형 버전들이 존재한

다. 기본적으로 라즈베리파이나 피시듀이노는 스크래치가 설치되어 있지만, 비글본 블랙은 설치되어 있지 않다. 또, 설치되었더라도 GPIO를 지원하지 않는 원보드컴퓨터도 있다. 각 원보드컴퓨터들에 설치 가능한 버전들과 직접 설치하여 테스트해 본 GPIO 프로그래밍에 관한 검증결과는 <표 5>와 같다. 라즈베리파이의 경우는 인터넷에서 GPIO를 제어하는 버전을 다운받아 설치할 수 있었다. 그러나 같은 데비안 계열의 비글본 블랙의 경우에는 설치시 오류가 발생하며 설치되지 않았다.

<표 5> 스크래치 1.4 설치 및 GPIO 검증결과

구분	스크래치 설치 여부	GPIO 출력	GPIO 입력
라즈베리파이	<ul style="list-style-type: none"> 기본적으로 설치됨 변형버전 설치가능 	디지털출력만 지원함	디지털 입력만 지원
비글본블랙	<ul style="list-style-type: none"> 설치가능 설치가능변형버전없음 	지원안함	지원안함
피시듀이노	<ul style="list-style-type: none"> 기본적으로 보드에 최적화된 버전 설치됨 	지원함	지원함

라즈베리파이의 GPIO는 디지털 입력과 출력만을 지원한다. 비글본 블랙이나 피시듀이노는 아날로그 출력을 흉내낸 PWM을 지원하며, 자체 ADC를 이용하여 아날로그 입력을 지원한다. 이는 아날로그 센서를 연결할 수 있다는 것을 의미한다.

라즈베리파이에서는 <그림 5>과 같은 스크립트를 이용하여 GPIO를 제어할 수 있다.

라즈베리파이 변형 스크래치는 자체 명령을 가지고 있는 것이 아니라 “방송하기” 명령과 “변수값” 정하기 명령을 활용한다. 즉 기존의 명령을 다르게 활용해야 한다. 이러한 설명은 라즈베리파이 공식사이트(<http://www.raspberrypi.org>)에서도 확인할 수 없었다. 변형 버전을 공개한 웹사이트에서 확인할 수 있다[5]. 그에 비해서 피시듀이노는 기본적으로 하드웨어에 맞게 변형된 스크래치를 제공한다. <그림 6>에서 알 수 있듯이 “하드웨어” 라는 명령 모음을 따로 제공하고 있다. 이 명령은 아두이노의 핀 제어 명령과 유사하다. 명령을 비교한 결과를 <표 6>에 정리하였다.

다른 원보드컴퓨터와 비교하여 주목할 만한 점은 이름에서 의미하듯 피시듀이노는 아두이노와 PC의 결합을 목적으로 하는 컴퓨터이다.

그러므로 아두이노 형식의 명령을 제공하는 것은 자연스러운 일이다. 피시듀이노는 라즈베리파이와는 달리 아날로그 입출력이 가능하다. 이것은 온도, 습도 등의 센서값을 스크래치에서 읽어올 수 있다는 것을 의미한다.



<그림 5>라즈베리 파이보드 GPIO 명령



<그림 6> 피시듀이노의 스크래치 GPIO 관련 명령 블록

이것을 활용한다면 더욱 다양한 Physical Computing 기반의 수업이 가능할 것으로 예상할 수 있다.

특히, 피시듀이노에서는 텍스트 기반의 파이썬으로만 제어할 수 있는 PWM 핀을 스크래치에서 제어할 수 있다는 것은 다음과 같은 학습활동이 가능하다는 것을 의미한다.

- LED를 점점 밝게 또는 어둡게 조절하기
- 오디오 신호를 만들어 내기
- 모터의 속도를 점점 빠르게 또는 느리게 조절하기

<그림 7>은 피시듀이노에서 PWM 기능을 활용하여 점점 밝아지고 어두워지는 스크래치 프로그램의 실행 결과이다.

이러한 활동은 다른 원보드컴퓨터에서는 불가능하다. 원보드컴퓨터들의 GPIO를 완전히 활용하기 위해서는 파이썬을 활용해야 하지만 프로그래밍 경험이 많지 않은 초, 중학생들에게 과도한 학습부담을 유발할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 초보자들이 손쉽게 접근할 수 있는 스크래치를 중심으로 Physical computing의 교육적 활용 여부를 스크래치 중심으로 비교해 보았다. 그 결과 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 모든 원보드컴퓨터는 스크래치 설치가 가능하고 스크래치 활용에 있어서 데스크탑을 대체할 수 있다.

둘째, 기본적으로 USB로 연결되는 센서보드를 활용하여 저항형 센서, 빛센서, 기울기센서, 거리센서 등은 모든 원보드컴퓨터에서 가능하다.

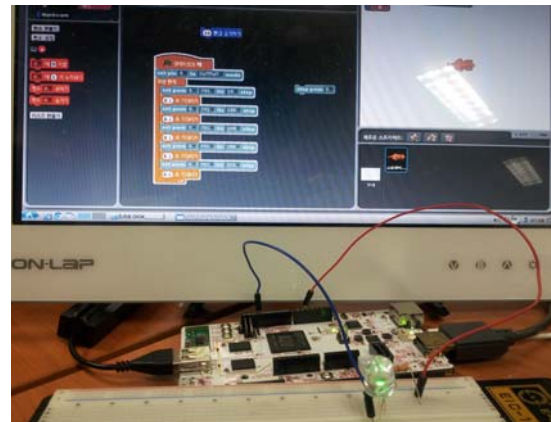
셋째, 스크래치를 기반으로 Physical Computing을 교육에 적용하는데 가장 많은 활동이 가능한 것은 피시듀이노이다.

넷째, WeDo 모터 지원에 대해 비블보드블랙을 제외하고 다른 보드에서는 정상적으로 작동하였다.

4.3 프로그래밍 관련 실습 사용 결과 비교

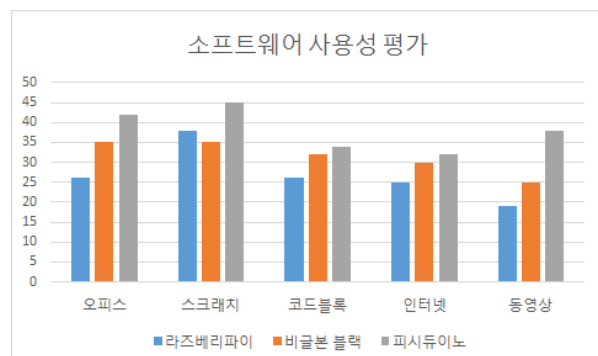
초·중·고 학생들의 프로그래밍 실력을 겨루는 정보올림피아드의 공식 언어는 우분투 기반의

오픈소스 개발도구인 CodeBlocks 이다.



<그림 7> PWM 기능을 이용한 활동 예

본 연구에서는 정보올림피아드를 준비하는 초등학교 5명, 중학생 5명에게 각각 2대의 라즈베리파이, 비글본 블랙, 피시듀이노를 준비하여 데스크톱과 원보드컴퓨터를 번갈아 가며 사용하게 하였다. 학생들은 데스크톱에서는 윈도우에 가상머신 기반에 설치된 Codeblocks를 사용하여 온라인 채점사이트(Baekjoon Online Judge: <http://www.acicpc.net/>)의 문제들을 풀고, 원보드 컴퓨터에는 운영체제에 맞게 설치된 Codeblocks를 활용하여 문제를 풀고 채점 사이트를 이용하였다. 2주 동안 사용 후에 설문과 인터뷰를 통해 데스크톱과 원보드컴퓨터를 비교 평가해 보게 하였다. 설문 방법은 오피스, 인터넷, 프로그래밍의 사용에 대해 5단계로 평가하도록 하였다. 문항은 모두 10문제이고 모두 “매우 우수하다.”라고 응답한 경우에 50점이 된다. <그림8> 는 학생들에 의한 평가 결과이다.



<그림 8> 원보드 컴퓨터 SW 사용성 평가

인터넷 사용의 경우에 대체적으로 낮은 평가를

받았고 가장 차이가 크다고 응답한 것은 동영상이었다. 결과는 멀티태스킹이 우수한 피시듀이노가 가장 우수하다는 것을 보여 주고 있다.

학생들을 인터뷰한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 모든 학생들은 원보드컴퓨터가 정보올림피아드 연습을 위해 데스크톱을 대체할 수 있다고 하였다.

둘째, 학생들은 기존에 사용하던 윈도우 기반 가상머신을 설치한 코드블록과 환경이 비슷하여 사용에 문제가 없다고 대답하였다.

셋째, 학생들에게 원보드컴퓨터들끼리 선호하는 보드를 선택하게 하였을 때 속도가 빠르다는 이유로 피시듀이노, 비글본 블랙, 라즈베리파이 순으로 선택하였다.

넷째, 학생들은 원보드컴퓨터에서 프로그래밍 결과를 USB에 저장하고, 메일로 보내고, 온라인 채점사이트 사용에 데스크톱과 차이를 느끼지 못한다고 했다.

학생 사용 후 평가를 통해 라즈베리파이는 인터넷 사용이 가장 불편하고 화면이 종종 멈추고, 비글본 블랙의 경우에는 동영상 강의를 들을 때 영상이 자주 멈춰 불편하다고 하였다. 피시듀이노의 경우에는 대부분의 영역에서 좋은 평가를 받았지만 유튜브(<http://www.youtube.com>)에서 동영상을 보기 불편하다고 응답하였다.

4.4 관리 편의성 비교 방

학생실습용으로 사용되는 컴퓨터는 관리 역시 매우 중요하다. 원보드컴퓨터 부팅 방법을 보면 온보드 MMC 메모리 또는 외부 SD 메모리를 통한 부팅을 지원한다. 외부 SD 메모리는 데스크톱 컴퓨터에서 이미지 오픈소스 레코딩 프로그램을 활용하여 SD 메모리에 부팅 이미지를 레코딩할 수 있다. 최근에 학교 컴퓨터 유지 보수 업체에서 상용 하드디스크 레코딩 프로그램을 사용하여 문제가 된 적이 있다는 점에서 오픈소스 이미지 레코딩 프로그램은 장점이 있다. 학교에서는 사전에 부팅이미지가 레코딩된 여분의 SD 메모리를 준비한다면 문제가 생긴 원보드컴퓨터는 바로 SD 메모리를 교체함으로써 처치가 가능하다. 원보드컴

퓨터는 일반 데스크탑 컴퓨터에 비해 다음과 같은 관리의 장점이 있다.

첫째, 운영체제 재설치의 경우는 여분의 운영체제 SD메모리를 통해 데스크톱에 비해 빠른 처리가 가능하다.

둘째, 컴퓨터 교체에 대해서도 모든 원보드컴퓨터가 10만원 이하이므로 저비용으로 해결할 수 있다.

4.5 전력소모 비교

저탄소, 녹색 성장에 발맞추어 저 전력 기기는 곧바로 경제적인 문제 해결과 탄소배출량을 줄이는데 기여할 수 있다. 본 연구에서는 인텔 코어 i3, 4GB 메모리, 500GB 하드디스크를 갖춘 데스크톱 컴퓨터와 원보드컴퓨터의 전력 소모를 비교하였다. 비교를 위해 각 컴퓨터에 H264로 인코딩된 2시간 30분짜리 동영상으로 테스트해 보았다. 전력측정은 인스펙터2를 이용하였다. 비글본 블랙과 라즈베리 파이에서는 구이(GUI) 기반이 아닌 커맨드라인 기반의 가벼운 동영상 플레이어에서만 인코딩된 동영상이 플레이 되었다. 실험 결과는 <표 7>과 같다.

<표 6> 데스크톱과 원보드컴퓨터의 전력소모 비교

내용	데스크톱	라즈베리파이	비글본 블랙	피시듀이노
전력 소모	129W	9W	9W	26W

가장 많은 전력을 소모하는 피시듀이노의 전력 소모는 데스크톱의 1/5 수준이었다. 가장 적은 라즈베리파이와 비글본 블랙은 1/14 수준이었다.

5. 결론

원보드컴퓨터는 일반적으로 학생들이 접하는 데스크톱과 비교하면 외부저장치의 부족, 동영상 인코딩, 그래픽 처리에 느린 속도 등 여러 제한점이 있다. 또한, 리눅스 운영체제인 우분투 배포판과 같은 일반적인 배포판으로 설치할 수 없으며 하드웨어 제조자들이 제공한 운영체제만이 설치 가능하다. 라즈베리파이를 제외하고는 메뉴를 비롯한 한글화된 운영체제를 설치할 수 없다. 그

럼에도 불구하고 원보드컴퓨터는 Computational Thinking을 위한 컴퓨팅 교육이 중요해진 시대적 배경에 비추어 볼 때 적정기술로서 중요성이 있다. Computational Thinking이 학교 현장에 안착되기 위해서는 기존의 컴퓨터 활용 교육을 위한 오피스나 동영상 편집 등의 교육이 아니라 미래를 살아야할 학생들의 기본적인 사고능력으로서의 방향 전환이 되어야 한다. 앞 절에서 소개한 Computational Thinking의 정의에 비추어 볼 때 교육내용 중에 가장 중요한 부분은 코딩교육이라고 할 수 있다. 또 다른 Computational Thinking의 축은 다른 분야와의 융합이라고 할 수 있다. 데스크톱 컴퓨터와는 다르게 GPIO를 가지고 있는 원보드컴퓨터는 학생 주위를 둘러싸고 있는 다양한 기기를 프로그래밍을 통해 제어하는 Physical Computing 교육이 가능하다는 점에서 컴퓨팅 기반 융합 프로그램이라고 할 수 있다. 부가적인 활동으로 인터넷에 접속하여 자료를 검색하고, 문서나 프리젠테이션을 작성하는 등의 활동이 Computational Thinking을 위한 교육활동의 범위가 될 수 있다. 이러한 활동 역시 원보드컴퓨터에서 가능함으로 보였다. 앞에서 열거한 학습활동이 Computational Thinking 교육을 위한 컴퓨팅 환경이라면 원보드컴퓨터는 데스크톱 컴퓨터를 대체할 수 있다는 것이 본 연구의 결과이다. 기존의 ICT 소양 위주에서 교육에서 Computational Thinking으로의 전환이 일어난다면 새롭게 구축되는 컴퓨터 실습환경 또한 변화가 요구된다. 예를 들어 일주일에 1시간교육을 위해 다른 과목과의 형평성을 비교해 볼 때 앞에서 언급한 민간참여교실과 같은 방법으로 컴퓨터실을 구축한다면 한정된 교육예산에 부담이 될 것이다. 그러므로 Computational Thinking을 위한 적정기술로서 원보드컴퓨터는 학교 현장에 널리 보급되어야 할 것이다.

또, 저탄소를 요구하는 국제적인 환경을 고려할 때 본 연구 결과는 데스크톱에 비해 1/5에서 1/14 수준의 전력을 소모하는 원보드컴퓨터가 저탄소 시대에 맞는 실습환경이라고 할 수 있다.

본 연구에서 선정한 원보드컴퓨터 이외에도 Banana pi, Humming Board, Radxa Rock 같은 것들이 개발되었고 개발될 예정이다. 이러한

보드들은 \$100을 넘거나 아직 시판되지 않아 본 연구에 포함되지 못했다.

본 연구의 결론으로 \$99짜리 KANO와 같은 학생 교육을 위한 한국형 컴퓨터 세트의 개발이 필요함을 제안한다. 이러한 컴퓨팅 환경이 개발되어 학교현장에 적용되고 또한 여기에 활용 가능한 교수학습 자료가 개발된다면 Computational Thinking이 학교 현장에 적용되는데 원보드컴퓨터가 큰 역할을 할 수 있을 것이라 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 국민권익위원회, (2009). 초등학교 민간참여 방과 후 컴퓨터교실, 학부모에게 ‘바가지 수강료’, 2014년 6월 인용, <http://www.acrc.go.kr>
- [2] 김태훈, 초·중·고 SW 가르칠 정보담당 교사 턱없이 부족, 한국경제신문, Retrived 6,2014, from <http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=2014051101931>
- [3] 김석희·유현창, (2013). Hands on 센서 기반 고도화된 STEAM 교육 프로그램의 효과. 컴퓨터교육학회논문지, 16(3), 79-89.
- [4] 김석희·유현창, (2014). 컴퓨터활용교육: 2년간의 추적 연구를 통한 Physical Computing 기반의 STEAM 프로그램의 효과. 컴퓨터교육학회논문지, 17(2), 77-86.
- [5] 라즈베리 파이용 GPIO 제어 스크래치, GPIO를 제어하는 변형 스크래치 설명 자료, 2014년 6월 인용, <http://cymplecy.wordpress.com/scratchgpio/scratch-raspberrypi-gpio/>
- [6] 비글본블랙 위키백과, 비글보드 블랙 하두에어 사양, 2014년 5월 인용, <http://en.wikipedia.org/wiki/BeagleBoard>
- [7] 피시듀이노3, 피시듀이노 하드웨어 사양, 2014년 4월 인용, <http://www.pcdduino.com/pcduino-v3/>
- [8] Hand, J. (2014). Opportunities and constraints in the use of simulation on low cost ARM-based computers. Paper presented at eSim 2014, Removing the Barriers to Application of Building Performance Simulation in Design Practice, Ottawa, Canada.
- [9] John Naughton, (2012), Why all our kids should be taught how to code, Retrieved 5, 2014 <http://www.theguardian.com/technology/2013/feb/03/michael-gove-computer-science-ebacc>

[10] KANO 99\$ 짜리 컴퓨터 KANO 사진, 2014년 5월 인용, <http://www.kano.me/>

[11] 라즈베리파이 위키백과, 라즈베리파이 하드웨어 사양, 2014년 5월 인용, http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi

[12] LEGO, LEGO WEDO 모터구동을 위한 전류, 2014년 6월 인용, <http://powerfunctions.lego.com/en-us/ElementSpecs/8882.aspx>

[13] Michael Gove, (2012) Michael Gove speech at the BETT Show 2012, Retrieved 5, 2014, <https://www.gov.uk/government/speeches/michael-gove-speech-at-the-bett-show-2012>

[14] Nelson, N. L. (2014). Affordable desktop computing using low end hardware like raspberry pi and cubieboard.

[15] Scratch wiki, 스크래치에 연결가능한 physical Computing 디바이스 설명 자료, 2014년 5월 인용, http://wiki.scratch.mit.edu/wiki/How_to_Connect_to_the_Physical_World

[16] Stephenson, Chris; Valerie Barr (May 2011). "Defining Computational Thinking for K-12". CSTA Voice 7 (2): 3 - 4.

[17] Tony DiCola, (2014), Embedded Linux Board Comparison, Retrieved 5, 2014, from <https://learn.adafruit.com/embedded-linux-board-comparison/>

[18] Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.



김석희

1992 서울교육대학
초등교육과(교육학학사)
1997 고려대학교
전자공학과(공학학사)
2007 고려대학교
컴퓨터교육(교육학석사)

2013 고려대학교 컴퓨터교육(이학박사)
2013 현재 호암초등학교 교사
관심분야: 컴퓨터교육, Physical Computing, IOT
E-Mail: riemann@korea.ac.kr



유현창

1989 고려대학교 이과대학
전산학과(이학사)
1991 고려대학교 대학원
컴퓨터학과(이학석사)
1994 고려대학교 대학원
컴퓨터학과(이학박사)

1995 ~ 1998 서경대학교 이공대학
컴퓨터공학과 조교수
2006 ~ 2009 한국컴퓨터교육학회 부회장
2007 ~ 현재 한국정보과학회 논문지 편집위원
2012 ~ 현재 한국정보처리학회 이사
2014 ~ 현재 한국정보기술학회 부회장
1998 ~ 현재 고려대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야 : 분산시스템, 클라우드 컴퓨팅
E-Mail: yuhc@korea.ac.kr