

# 창의적 교육을 위한 모듈형 완구의 기능 블록 구현

김종태<sup>1</sup>, 박지엽<sup>2</sup>, 이보희<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>팀보로봇, <sup>2</sup>토포보코리아, <sup>3</sup>세명대학교 전기공학과

## Implementation of Functional Blocks of Modular Toy for Creative Education

Jong-Tae Kim<sup>1</sup>, Ji-Youp Park<sup>2</sup>, Bo-Hee Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Timbo Robot, <sup>2</sup>Topobo Korea, <sup>3</sup>Dept. of Electrical Engineering, Semyung University

**요약** 창의적 교육을 위한 모듈형 완구는 다양한 형태의 움직임을 만들어 주는 기능 블록이 요구된다. 우선 동작을 만들 수 있는 능동 구동 모듈이 필요하고 이와 결합하여 동작을 표현해 낼 수 있기 위한 수동 연결 블록이 다수 필요하다. 본 논문에서는 다양한 창의적 동작을 만들어 낼 수 있는 모듈형 완구에 대한 구성 요소의 설계와 이를 연결하여 동작 시킬 수 있는 제어기 구조를 제안 하였다. 설계된 모듈간의 연결을 원활하게 하기 위한 기구적인 연결 방법을 제시 하였고 이에 적합한 기구구조를 제안하였다. 아울러 모듈형 동작 완구와 연계 되어 동작할 수 있는 다양한 형태의 센서 모듈에 대한 설계를 다루었다. 이런 완구를 이용하여 교육적으로 모방할 수 있는 전형적인 표준 응용 형태를 제안하고 설계된 모듈과 구성 요소를 이용하여 실제로 적용하여 모듈형 완구의 유용성을 보였다. 제안된 방식은 실제 교육용 완구에 적용하여 동작을 기록하고 반복 동작을 수행하여 효과적으로 동작됨을 보였다.

**키워드** : 모듈형 완구, 기록 및 놀이 동작, 능동 구동 모듈, 수동 연결 블록, 센서 모듈

**Abstract** Modular toys for creative education require functional blocks to create various types of movements. An active drive module and a lot of passive connection blocks are needed to express motion with combination. In this paper, we propose the design of modular toys to produce various creative movements and controller structure working with them. In order to facilitate the connection between the designed modules, a connection method and a suitable mechanism are suggested. We also dealt with the design of various types of sensor modules that can work in conjunction with modular toys. Using these toys, typical standard application form that can be imitated educationally is suggested and showed the usefulness of the modular toy by actually applying it with designed modules and components. The proposed method is applied to actual educational toys, and the operation is effectively performed by recording operation and playing repetitive operation.

**Key Words** : Modular toy, Recording and playing, Active drive module, Passive connection block

### 1. 서론

최근 로봇과 인공지능, 빅데이터, 사물인터넷(IoT) 등의 기술들이 급격한 발전을 이루면서 4차산업 관련 관심이 크게 급증하고 있다. 이러한 영향은 교육계에도 확산되고 있으며, 이를 대비하기 위한 창의적 교육에 대한 교

육계의 관심 또한 빠르게 증가되고 있다. 이러한 영향으로 STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)교육에 대한 중요성이 더욱 부각되고 있는 상황이다. STEAM교육을 수행하기 위해서는 여러 가지 분야의 융합형 교육이 필요하며, 대표적인 것이 로봇교구이다[1-4]. 그러나 많은 로봇 교구들이 조립 및 분해가

어려운 과학상자 형태를 기본으로 구성하고 있거나, 제어를 위한 별도의 프로그래밍 과정을 필요로 하는 등 일정 연령 이상의 학생을 대상으로만 활용이 가능한 단점을 가지고 있다. 따라서 STEAM 교육을 위한 도구 보다는 로봇제작 기술 및 코딩 스킬을 배우는 형태로 교육이 운영되고 있는 상황이다. 10세 이하 어린이, 특히 유아에게 있어서 STEAM 창의교육을 위한 교구는 기술 습득에 치우치지 않고, 생각하는 것을 자유롭게 표현하고 그 표현물들을 논리적으로 재구성할 수 있는 형태의 교구여야 하며 유아에게 있어 코딩교육은 논리적으로 생각하는 힘을 증진시키는데 그 중요성이 있는 것이다. 최근 유아용 코딩교구들은 아이콘형태의 소프트웨어의 도입 혹은 미리 설정된 명령어 블록들을 나열하는 방식으로 교육이 이루어지고 있어 주입식교육과 유사한 방식으로 코딩교육이 진행되고 있다[5-7]. 특히 이를 구현하기 위해 주로 바퀴 형태의 모바일 로봇들로 이루어져 평면 개념에서만 시스템이 구성되는 한계를 보이고 있다. 이러한 유아용 코딩 교구의 창의적 개선을 위해선 구조물이 정형화 되어 있지 않으며, 프로그래밍이 보다 직관적인 방식으로 이루어져야 한다. 또한 블록에 도형의 과학적 원리가 내포되어 있으며, 기술, 공학, 수학적 학습이 가능해야 하고 본인이 만든 작품을 통해서 창의적 산출물으로써 예술성을 갖출 수 있어야 한다. 기존의 블록교구나 휴머노이드 로봇과 같은 정형화된 모바일 로봇으로는 창의적인 교육에 한계가 있으며, 이를 극복할 수 있는 토포보와 같은 교구가 있으나 활용이 단순하고, 작은 핀의 사용으로 저 연령대 유아의 사용에 한계가 있었다[8-11].

본 논문에서는 이를 극복하기 위한 조립방식이 쉽고 일관성 있는 블록기구물의 제작과, 직관적 동작 프로그래밍이 가능한 모션블록 및 센서블록 그리고, 원격으로 연동이 가능한 무선모듈블록의 개발과 이를 연계한 활용 방안을 제안하고자 한다. 이러한 제안된 방식을 통하여 자유롭게 창의적 산출물의 제작이 가능하며, 센서와 모션블록의 연동 및 논리적 연계 구성을 가능하게 하고자 한다. 이러한 직관적 사용자 인터페이스를 적용한 로봇 블록을 구현하였다.

창의적 교육용 블록은 특정 형태를 가진 최소한의 결합 소자를 이용하여 손쉽게 조립하고 분해하기 쉬운 형태로 제작이 되어야 한다. 이를 위해선 블록간 연결이 단순하게 구성되어야 하며 조립 후 손으로 회전할 수 있는 구성이어야 다양한 평면과 입체의 변환에 따른 공간감을

키울 수 있다. 따라서 블록 연결부의 커플링의 구조가 매우 중요한 역할을 하게 된다. 기존의 레고와 같은 대부분 블록의 연결 구조는 암수로 구분되어 체결되는 구성으로 조립에 방향성을 가지게 된다. 또한 쌓기 중심의 연결 구성으로 상상하는 것을 자유롭게 표현하는데 한계가 존재한다. 본 논문에서는 이러한 블록간의 조립을 위한 커플링의 제작을 제시하고자 한다.

또한 자유로운 움직임 만들기 위한 모션블록과 모터에서 감속기에 이르는 동력 전달 체계에 대한 설계, 다양한 물리적 환경을 인식하고 동작을 실행할 수 있는 센싱 시스템 구성 및 이를 위한 센서 블록을 제시하고자 한다. 마지막으로 동작 및 감지부에 무선모듈을 조립하여 사용할 수 있도록 조립 가능한 무선블록의 개발을 제시하고자 한다.

## 2. 모듈 설계

### 2.1 수동 블록

수동블록은 특정 형태 및 각도로 이루어진 베이스부와 블록간의 조립을 위한 커플링부로 구성된다. 베이스부는 블록의 길이와 각도의 특성을 가지고 있어 도형 및 기하학적 구성을 가능하게 한다. 또한 커플링은 암수 구분이 없이 체결이 가능해야만 블록의 활용성이 우수하며, 블록의 중수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 블록들을 조립한 후 커플링을 회전 가능하도록 구성하여 평면 및 입체로의 전환이 용이하도록 하였다. 이를 위해 블록의 각 형태별 구성을 Fig. 1과 같이 총 15종으로 구성하였으며, 각 블록은 각각의 크기비와 각도로 이루어져 기하학적 형상 구현이 가능하도록 제작하였다.



Fig. 1. 15 kinds of passive blocks

Fig. 2와 같이 수동블록은 각도와 길이비로 구성되어 있으며, 60도블록은 3개를 연결하여 폐곡선(3각형)을 만들 수 있으며, 90도블록은 4개(4각형), 108도블록은 5개(5

각형)을 연결하여 도형을 구성할 수 있다. 즉, 선의 개념에서 출발하여 면의 개념을 구성할 수 있고, 면 중심의 쌓기 블록이 아닌 선중심의 연결블록이다.

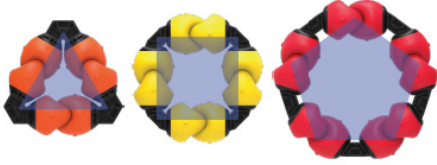


Fig. 2. Curved configuration of passive blocks

또한 Fig. 3과 같이 회전 핀 블록을 공통으로 사용하여 한판 회전블록 혹은 양팔 회전블록에 조립하면 프로펠러와 같은 회전체를 구현 할 수 있으며, 바퀴에 조립하여 사용할 수 있도록 구성하였다.

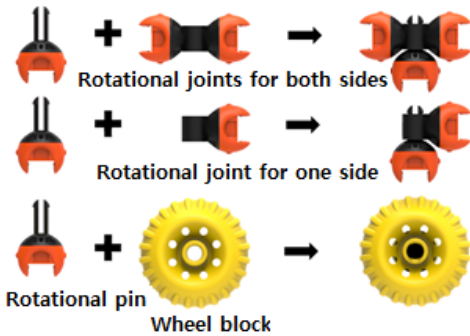


Fig. 3. Rotational configuration of passive blocks

L블록은 Fig. 4와 같이 모션블록에 조립할 경우 모션블록의 중심선상에 다른 블록을 연결할 수 있도록 구성하는 길이 구조를 가지고 있으며, 무게 중심 등을 고려하여 동물 로봇등의 보행 및 동작이 용이하도록 구성되어 있다.

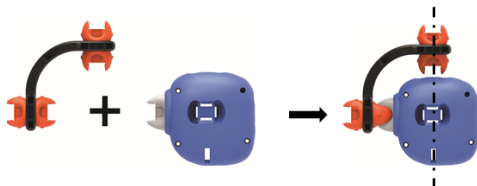


Fig. 4. L-shape representation

## 2.2 능동 블록

능동블록은 어린이 및 유아들이 수동블록으로 구성된 창작물들이 원하는 대로 동작을 구현할 수 있는 직관적

인 방법을 적용하고 있으며, 이는 TUI(Tangible User Interface)를 기반으로 구현되었다[12]. 전체 하드웨어 구성은 Fig. 5와 같으며 능동블록의 버튼을 누르고 동작을 손으로 움직이면 그 동작을 기억하고 재생하는데 필요한 제어 및 메모리부, 버튼 인터페이스, 모터 구동부 및 센서 접속부를 설계 하였다[13].

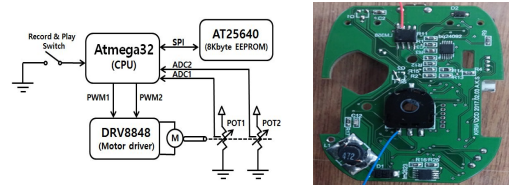


Fig. 5. Active block controller

또한 장착된 충전지의 충 방전을 관리하기 위한 전원 관리부도 내장되어 있다. 특히, 여러 회전을 감지하기 위해 엔코더 대신 저가형 전위차계 2개를 엇갈리게 위치시켜 회전량을 감지하는 구조를 적용하였다. Fig. 6은 능동 모듈의 전체 조립된 상태를 나타낸 그림이다.

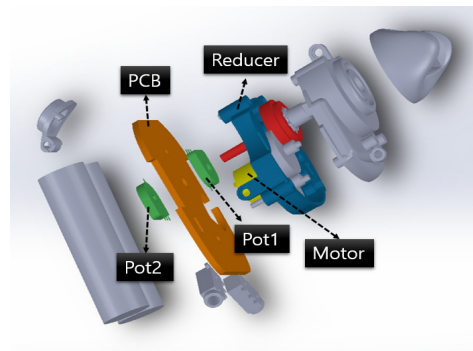
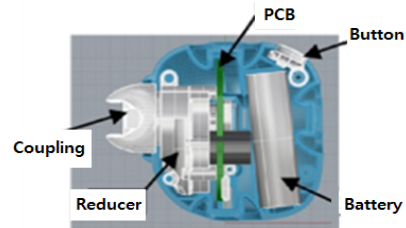
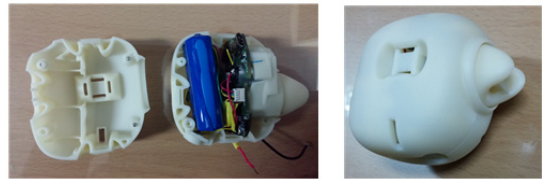


Fig. 6. Active module assembly

능동 블록들은 서로 연동하여 동작 할 수 있으며 동작 정보를 통신 연결을 통하여 주고 받을 수 있다. 이때 유선 및 무선도 가능하고 무선을 처리하기 위해 특별히 무선 블록 모듈도 설계 되었다. 무선 블록은 단독으로 사용될 수 없으며 능동 모듈과 연동하여 동작한다. Fig. 7은 무선 모듈의 제어기 및 외관을 나타낸 그림이다.

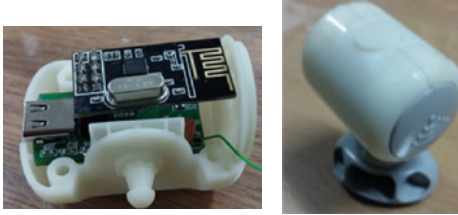


Fig. 7. Wireless module

### 2.3 감속기

모션블록의 감속기는 Fig. 8과 같이 능동블록에서 구동 모터와 연결되어 동작하며 좁은 공간 안에 조립이 가능하도록 설계하였다. 초기 설계안은 그림8과 같이 황동을 재질로 하여 Table 1과 같은 사양으로 설계 제작하였다.

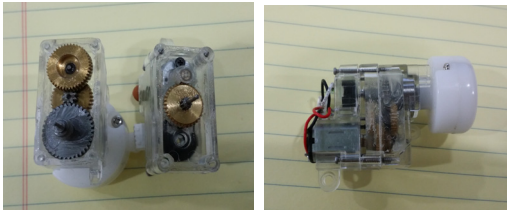


Fig. 8. Metal Gear Train

Table 1. Metal Gear Train Specification

Metal Gear Train	# of teeth	module	Pressure Angle (°)	FaceWidth (mm)	Gear Ratio	Torque (gf.cm)
Motor Pinion	9	0.3	20	3.00	3.89	10
1st Cluster	35		20	2.00		37
	10	0.25	20	2.80	4.40	37
2nd Cluster	44		20	2.30		154
	10	0.3	20	2.40	4.00	154
3rd Cluster	40		20	2.00		587
	9	0.35	20	1.90	4.11	587
Output	37		20	1.90		2292

이 경우 긴 제작기간이 소요되고, 공정이 절삭으로 이루어지므로 원가에 상당한 부담이 되었다. 뿐만 아니라, 공간을 최대한 활용하기 위해 한 축에 두 쌍의 기어들이 각각 반대 방향으로 맞물려 회전을 함으로, 손으로 동작

을 입력 시 축의 휨이 발생하여 기어들끼리 서로 제대로 맞물리지 못하고, 하중이 치면 한쪽 방향으로 편중되어 기어 뿌리가 파손이 되는 문제가 종종 발생 하였다.

원가 문제, 긴 제작 소요시간 그리고 품질문제를 해결하기 위해서 Table 2와 같이 새롭게 기어 트레인을 설계하였고, 모터 피니언 기어를 제외한 모든 기어들을 플라스틱(POM)으로 감속기를 Fig. 9와 같이 설계를 하였다.

모터 피니언의 경우, 초소형 기어이므로, 정교한 사출이 현실적으로 불가능하여, 기존과 동일한 황동 절삭 기어를 사용하였다. 대부분의 공정이 사출로 이루어지게 되어, 제작 소요기간도 획기적으로 개선되었으며 뿐만 아니라, 감속기 원가가 기존의 10분의 1 이하로 개선되었다.

Table 2. Plastic Gear Train Specification

Plastic Gear Train	# of teeth	module	Pressure Angle (°)	FaceWidth (mm)	Gear Ratio	Torque (gf.cm)
Motor Pinion	10	0.3	20	3.00	4.20	10
1st Cluster	42		20	2.30		40
	10	0.4	20	3.50	4.00	40
2nd Cluster	40		20	3.40		152
	10	0.4	20	3.50	4.00	152
3rd Cluster	40		20	3.40		576
	10	0.4	20	3.50	4.20	576
Output	42		20	3.80		2299

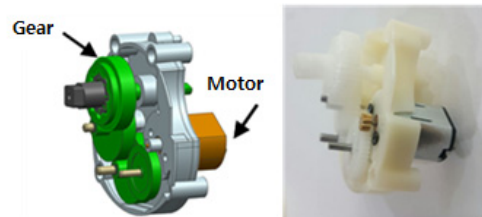


Fig. 9. Image of Plastic Gear Train

플라스틱으로 재질을 바꾸면서 가장 많이 고민이 되는 부분이 강도 문제였다. 기본적으로 기어 모듈 및 치폭을 키우는 방법으로 강도를 보강하였지만, 감속기를 작은 사이즈로 유지하기 위해 수많은 시행착오를 거치며, 설계를 수정 보완하였다. 또한, 설계된 기어 트레인은 각각의 기어 단마다 기어 해석 프로그램인 KISSsoft를 활용하여 치면강도, 이 뿌리강도, 축간거리 및 치형 최적화를 진행 하였다[14,15]. Fig. 10은 KISSsoft를 이용하여 고려된 기어 설계 과정을 나타낸 그림이다.

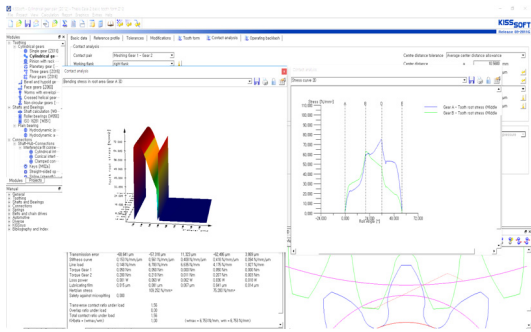


Fig. 10. Plastic Gear Train Analysis by KISSsoft

## 2.4 물리센서

물리센서는 빛, 소리, 거리와 같은 물리 환경에 센서를 노출한 상태에서 센서블록의 버튼을 클릭하면, 클릭 시의 물리센서의 측정값을 메모리에 저장하였다가, 이 후, 동일한 환경이 되면 동작 신호를 송출하도록 구성되어 있다. 따라서 컴퓨터 프로그래밍 과정 없이도 손으로 버튼을 누르는 조작만으로 센싱 프로그램을 완성할 수 있다. 따라서 비전문가 및 어린이의 경우에도 물리센서와 모션블록을 활용하면 물리적 환경에 대한 상호 작용을 하는 로봇 및 시스템을 쉽게 구현할 수 있다. Fig. 11은 센서 블록의 내부와 외관을 나타냈다.

사용자는 빛, 음성 및 초음파 센서를 이용하여 물체의 상태를 인식하고 버튼을 눌러서 그때의 물리량을 저장한 후 저장된 값과 현재의 물리량을 체크하여 연동하여 동작하게 설계 되었다.

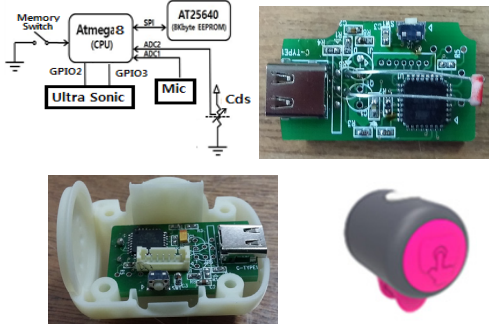


Fig. 11. Sensor block controller

## 3. 동작설계

### 3.1 수동블록의 동작

수동블록은 로봇의 형태를 구성하기 위한 디자인 블록으로서 각도와 길이를 가진 블록들을 조립하여 형상을 구현한다. 이 때, 각 블록은 커플링을 손으로 돌려줌으로써 회전에 의한 평면에서 입체구조로의 변환 등을 용이하게 구현할 수 있다. 사이드캡은 생산과정에서 베이스에 한번 장착하면 베이스에서 이탈되지 않는 구조이며, 베이스를 기반으로 45도 단위로 회전이 가능하도록 제작하였다. 상기와 같이 사이드캡과 베이스가 일체형으로 제작된 블록들 간의 조립은 Fig. 12와 같은 형태로 결합되어 진다.



Fig. 12. Passive block configuration

여기서 모든 블록들은 동일한 커플링구조를 사용함으로써 다양한 모듈간의 추가 결합으로 인한 임의의 각도로 회전할 수 있게 하여 관절 기능을 구현하였다.

### 3.2 모션블록의 동작설계

모션블록은 360도 회전이 가능한 구성으로 단일의 모션블록의 독립적인 회전 뿐 아니라 2개 이상의 다수의 모션블록의 연동도 가능하다. 유.무선을 이용하여 여러개의 모션블록을 연결하면, 버튼클릭을 통해 동작 메모리 명령에 따라 각 모션블록이 시간에 따른 동작 메모리를 수행하며 이를 재생함으로써 다수의 모션블록의 연계동작을 쉽게 구현할 수 있다. 동작을 위한 기본 개념은 Fig. 13과 같다.



Fig. 13. Total configuration

동작 코딩 구현 과정은 단위블록모듈의 조립단계, 모션블록의 동작코딩단계, 동작실행단계로 나눌 수 있다. 동작코딩단계는 모션블록의 버튼을 1회 클릭하고 빨간색



이 점등되었을 때 손으로 아웃풋 축을 회전시키는 것으로 가능하다. 동작실행단계는 모션블록 버튼을 한번 더 클릭하여 초록색이 점등되는 것으로 이전 동작 코딩단계에서 저장된 모터 값이 출력됨으로서 동작 구현이 이루어진다. 이러한 방식을 통해 어린이와 같은 비전문가도 별도의 컴퓨터 프로그래밍 없이 손으로 만지면서 동작을 코딩할 수 있으며, 이러한 직관적인 방식은 기존의 블록교육과 로봇교육을 연계한 창의 교육이 가능하도록 한다.

#### 4. 동작실험

설계된 블록의 동작을 시험하기 위해 모션블록과 수동블록을 연결한 형태의 개구리 로봇 형태로 조립하여 Fig. 14와 같이 실험 하였다. 우선 일자블록 양 끝에 90도 블록을 연결하고, 다시 108도 블록을 조립하여 개구리 로봇의 뒷다리를 구성하였다(a). 이런 방식으로 앞다리와 머리 부분을 조립하여 모션블록에 결합하였다(b). 이후 완성된 로봇에 동작을 기억시키기 위해 모션블록의 버튼을 클릭한 후(c) 버튼이 빨간색일 때 개구리 로봇의 앞다리를 손으로 움직여 동작을 만들면 모션블록은 그 동작을 메모리에 저장하였다(d). 다시 버튼을 클릭하면 버튼은 초록색이 되어(e) 앞의 메모리된 동작을 재생하게 된다(f-h). 이 동작은 버튼을 다시 클릭하여 정지시킬 때까지 무한 반복을 하게 된다.

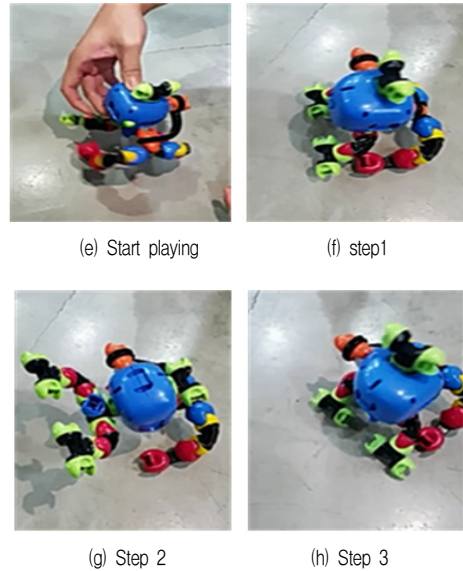


Fig. 14. Frog representation

이번에는 센서 블록의 실험을 Fig. 15와 같이 진행 하였다. 센서블록은 빛, 소리, 거리 등의 물리적 환경 속에서 센서블록의 버튼을 클릭하면(a) 현재상태의 센서 값을 메모리 하였다(b), 이후 동일한 범위의 물리적 환경이 되면 동작신호를 모션블록으로 송신하도록 구성되어 있다. 광센서가 조명의 밝기를 메모리 하였다(c) 이후 동일 범위의 빛이 조광되었을 때 모션블록이 동작하는 상태를 나타내었다(d).

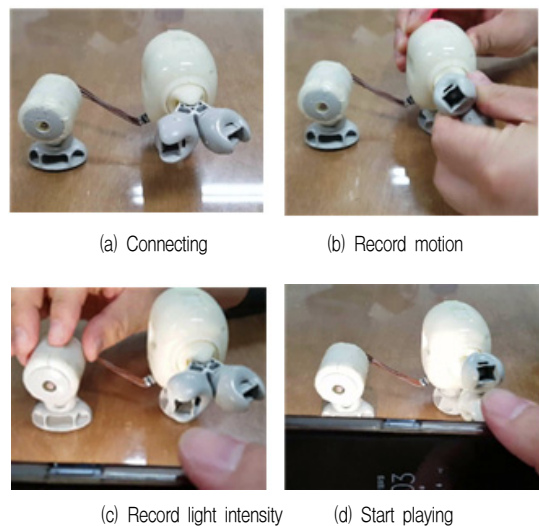
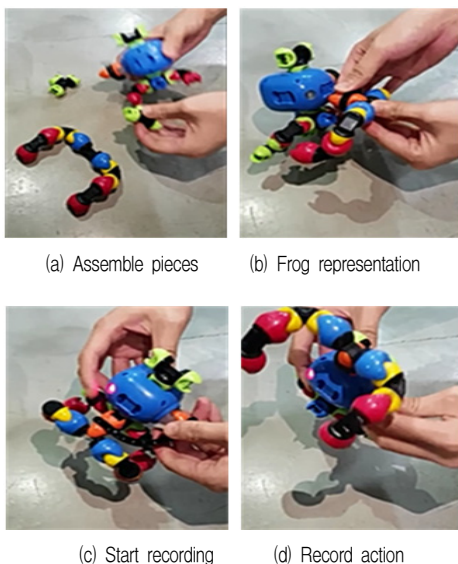


Fig. 15. Sensor block operation

마지막으로 무선블록은 모션블록에 결합되어 원격으로 신호를 송수신하며 연계동작을 할 수 있도록 구성하였다. Fig. 16과 같이 두 개의 모션블록1, 2에 있어서 각각에 무선블록을 조립한 후, 모션블록1의 버튼을 클릭한 후(a) 모션블록1에 손으로 동작을 입력한 다음(b) 모션블록2에 동작을 입력시킨다(c).

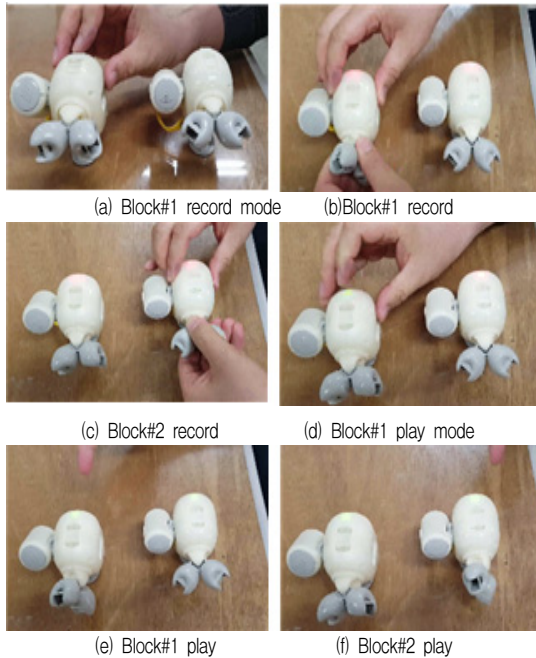


Fig. 16. Wireless block operation

이와 같이 두 개의 모션블록에 순차적으로 동작을 메모리 시킨 다음, 다시 모션블록1의 버튼을 클릭하면(d) 이전에 메모리 시킨 동작과 동일하게 모션블록1과 2가 순차적으로 동작함을 볼 수 있다(e-f).

## 5. 결론

이상과 같이 수동블록과 모션블록을 결합하여 자유로운 형상을 창작할 수 있으며, 손으로 만지면서 동작을 만들어 내거나 센서모듈을 이용하여 물리적 환경에서 반응하고 동작을 연계할 수 있도록 시스템을 구성하였다. 또한 무선모듈을 연결하면 원격에 있는 모션블록 간에 동기화된 연계동작을 구현할 수 있도록 함으로서 복잡한 시스템도 창의적으로 구현할 수 있도록 하였다. 이러한

실감형 인터페이스의 구현을 통해 어린이 및 비전문가도 로봇의 동작 및 상호 반응을 쉽게 구현할 수 있고 자유롭게 코딩할 수 있도록 함으로서 창의활동 및 STEAM 융합교육을 보다 효율적으로 수행할 수 있게 되었다. 향후 이러한 손으로 만지며 코딩할 수 있는 다양한 모듈을 추가로 개발하고 다양한 형태의 모듈이 서로 연계되어 동작하는 창의적인 구조물에 대한 연구를 진행할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 2017년 산업통상자원부의 산업기술혁신사업(10065090)지원과제 지원을 받아 수행된 것임.

## REFERENCES

- [1] P. Marshall, S. Price & Y. Rogers. (2003). Conceptualising tangibles to support learning. *In Proceedings of the 2003 conference on Interaction design and children*. New York : ACM.
- [2] C. O'Malley & D. S. Fraser. (2005). Literature review in learning with tangible technologies. *A NESTA Futurelab Research report*. United Kingdom : Harbourside.
- [3] A. Takacs, G. Eigner, L. Kovács, I. J. Rudas & T. Haidegger. (2016). Teacher's Kit: Development, Usability, and Communities of Modular Robotic Kits for Classroom Education. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 30-39. DOI: 10.1109/MRA.2016.2548754.
- [4] A. J. Parkes, H. S. Raffle & H. Ishii. (2008). Topobo in the wild: longitudinal evaluations of educators appropriating a tangible interface. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York : ACM.
- [5] M. Patrizia, M. Claudio, G. Leonardo & P. Alessandro. (2009). A robotic toy for children with special needs: From requirements to design. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*. USA : IEEE. DOI: 10.1109/ICORR.2009.5209500
- [6] J. Nielsen, N. K. Barendsen & C. Jessen. (2008). RoboMusicKids - music education with robotic building blocks. *Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education*. USA : IEEE. DOI: 10.1109/DIGITEL.2008.25

- [7] V. O. Dzhenzher. (2014). Computer simulation at school scratch and programming language choosing criteria. *IEEE International Conference on Global Engineering Education*. USA : IEEE.  
DOI: 10.1109/EDUCON.2014.6826174.
- [8] L. Presley, B. Carroll & R. Gorbet. (2016). It Lives! A STEAM-based in-class workshop for promotion of creative and innovation thinking. *2016 IEEE Integrated STEM Education Conference(ISEC)*. USA : IEEE.  
DOI: 10.1109/ISECon.2016.7457546
- [9] M. Jeon et al. (2017). Robot Opera: A modularized afterschool program for STEAM education at local elementary school. *14th IEEE International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*. USA : IEEE.  
DOI: 10.1109/URAI.2017.7992869
- [10] M. Pacheco, M. Moghadam, A. Magnússon, B. Silverman, H. H. Lund & D. J. Christensen. (2013). Fable: Design of a modular robotic playware platform. *2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. USA : IEEE.  
DOI: 10.1109/ICRA.2013.6630627.
- [11] E. Schweikardt & M. D. Gross. (2008). Learning about complexity with modular robots. *Second IEEE International Conference on Digital Games and Intelligent Toys Based Education*. USA : IEEE.  
DOI: 10.1109/DIGITEL.2008.49.
- [12] O. Shaer, M. S. Horn & R. J. Jacob. (2009). Tangible user interface laboratory: Teaching tangible interaction design in practice. *AI EDAM*, 23(3), 251-261.  
DOI:10.1017/S0890060409000225.
- [13] J. K. Lee, B. H. Lee, J. T. Kim, J. Y. Park & J. S. Kong. (2017). Record and Replay Motion Implementation to Modular Toys using Two Potentiometers. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(2), 59-66.  
DOI: 10.22156/CS4SMB.2017.7.2.059
- [14] H. K. Kim, J. Y. Jen, J. Y. Park, S. H. Youu & S. S. Na. (2010). Noise reduction of a high-speed printing system using optimized gears based on Taguchi's method. *Journal of mechanical science and technology*, 24(12), 2383-2393.
- [15] D. R. Houser & A. Luscher. (1997). Measurement and predictions of plastic gear transmission errors with comparison to the measured noise of plastic and steel gears. *AGMA technical paper*, 97FTM04.

## 저 자 소 개

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 인하대학교 기계공학과 학사
- 1999년 2월 : 인하대학교 자동화공학과 석사
- 2001년 8월 : 인하대학교 자동화공학과 박사수료

- 2003년 7월 ~ 2015년 7월 : 삼성전자 책임연구원
- 2015년 10월 ~ 현재 : 팀보로봇 대표

<관심분야> : TUI(Tangible User Interface), 로보틱스, 융합

박 지 엽(Ji-Youp Park)

[정회원]



- 2004년 12월 : 오하이오 주립대 기계공학 학사
- 2007년 2월 : 오하이오 주립대 기계공학 석사
- 2008년 2월 ~ 2014년 2월 : 삼성전자

- 2014년 3월 ~ 현재 : 토포보코리아

<관심분야> : 기어 동역학, 기어 진동/소음

이 보 희(Bo-Hee Lee)

[정회원]



- 1985년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : 인하대학교 자동화공학과 석사
- 1996년 8월 : 인하대학교 자동화공학과 박사

- 1997년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 전기공학과 교수

<관심분야> : 임베디드시스템, 로보틱스, 지능제어