ISSN: 1226-7244 (Print)
ISSN: 2288-243X (Online)
논문번호 14-04-19

j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.18,No.4,572～580,December 2014
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2014.18.4.572

창의력 증진을 위한 놀이 및 교육용 모듈러 로봇 개발

Modular Robot for Promoting Creativity Development in Play and Education

최 준 식[*], 이 보 희[**★], 김 진 걸[***]

Joon-Sik Choi[*], Bo-Hee Lee[**★], Jin-Geol Kim[***]

Abstract

This study deals with reconfigurable modular robot with respect to the compact and capability of representing the various actions for promoting creativity through education and play. Generally modular robot can be designed as a suitable robot that is transformed to various structure by reconstructing each cells, However, there are only few research on the education and play using those robots in the world and still nothing domestically. Unlike the existing modular robots only having a repeating motion, the proposed modular works by individual module such as sound is produced by sound module, wheel is driven by wheel module, LED module controls the visual expression, power is supplied by battery module, bluetooth module for communication, and dynamic motion realization is possible by using joint module. By manipulating the abilities endowed by individual modules, diversity of creative activities is possible and thus made an easy access for children. This study deals with the design of modular robotic by using the variety of different modules to endowed the learning and playing ability. And the study showed the utility of the operating behavior over the actual production and testing.

요 약

본 연구에서는 교육 및 놀이를 통해 창의력 증진이 가능한 재구성 모듈러 로봇에 대하여 다루고 있다. 보통 모듈러 로봇은 각각 셀들의 조합으로 변형 재구성하고 다양한 형태의 구조를 만드는데 적합한 로봇으로 설계되어 있지만 이를 이용하여 교육과 놀이를 주제로 한 연구는 국외에 소수 있으며 국내에는 전무하다. 제안하는 형태는 기존 모듈러 로봇과 같이 같은 동작만 반복하는 모듈이 아니라 소리를 내는 소리모듈, 바퀴가 달린 바퀴모듈, 시각적 표현을 위한 LED모듈, 전원공급을 위한 전원모듈, 통신을 위한 블루투스모듈, 움직이는 동작을 구현 가능하도록 하는 관절모듈이 있는 구조로 설계되어 있다. 이와 같은 다른 능력이 부여된 각 모듈의 다양한 결합을 이용하여 창의적 활동이 가능하도록 하고, 아이들이 쉽게 사용 할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 모듈별 각기 다른 능력을 부여하여 교육과 놀이가 가능하도록 하는 방식의 모듈러 로봇의 설계 및 동작을 다루고 있다. 그리고 연구된 동작은 실제 제작 및 실험을 통해 동작의 유용성을 보였다.

Key words : modular robot, education and play, creative activities, individual structure, Reconfiguradle robot

* Dept. of Electrical and Electronic Eng, Semyung University
** Dept. of Electrical Eng, Semyung University
*** Dept. of Electrical Eng, Inha University
★ Corresponding author
bhlee420@gmail.com, 010-9406-7264
※ Acknowledgment
This paper was supported by the semyung university research grant of 2013
Manuscript received Nov. 17, 2014; revised Dec. 12, 2014 ; accepted Dec. 15, .2014

Ⅰ. 서론

최근 몇 년 사이에 자동화 및 스마트시대가 접어들면서 아이들의 교육 및 놀이가 디지털 기기 및 로봇을 활용한 교육으로 점차 증가하고 있다. 로봇을 활용한 교육은 아이들의 창의력 및 성장에 도움이 많이 되어 그 필요성을 인정받고 있으며 현재 창의력 증진을 위한 교육용 로봇은 사람형태의 로봇인 일본의 SAYA[1]를 포함하여 다양한 형태의 로봇이 존재한다. 일본의 SAYA와 같은 휴머노이드 로봇은 아이들에게 교육을 시키고 다양한 동작을 수행하기도 하지만 가격이 고가이며 아이들이 가지고 놀기에는 어려움이 있다. 또한 여러 부품을 활용하는 (주)로보티즈의 BIOLOID 와 임베디드 기반인 레고마인드스톰 NXT[2] 과 같은 조립 형태의 로봇은 창의적으로 수많은 모양의 구조를 만들 수 있지만 많은 부품들을 사용함으로서 모형 설계에 복잡함이 있다. 이러한 로봇들이 가지고 있는 복잡성을 없애고 단순한 형태의 모듈이면서 창의적인 결합 형태가 가능한 모듈러 로봇을 제안하였다. 현재 모듈러 로봇은 분리, 결합을 통해 상황에 적합한 형태로 변형하여 적절한 움직임을 가지며 재난, 구조 용도로 제작 개발되고 있다. 대표적으로 미국의 Palo Alto Research Center의 Polybot G1-G4, 스위스 Autonomous Lab of EPFL의 Swarm-bot[3], 미국 USC 대학의 Polymorphic Robot Lab에서 의 CONRO[4], 일본의 AIST 에서 개발한 M-Transformer I, II Robot이 있으며 다양한 분야에 다양한 형태로 연구되고 있다. 하지만 이러한 로봇은 사용자와의 교감을 형성하는 형태가 아니라 동작시연과 결합 및 분리구조에 초점을 맞추기 위한 노력을 하고 있다[5]. 본 논문은 이러한 모듈러로봇에 창의력을 증진시키기 위해 각 모듈의 특성을 다르게 주어 동작의 다양성을 주려고 한다. 모듈이면서 교육 및 놀이의 목적으로 만든 제품으로는 포스텍 연구팀이 만든 HangulBot[6] 이 있다. 이 로봇은 모듈형태로 구성되어 있고 각 모듈은 자음과 모음으로 되어있어 음성인식을 통해 한글을 표현하며 한글교육을 하는 로봇이며 한글 표현동작 외의 결합은 하지 않는 모듈러 로봇이다. 또한 MIT 연구팀에서 개발한 M-Block[7] 이 있으며 이 모듈러 로봇은 내부에 플라잉 휠이 있어 이 휠을 가속시켜 운동에너지를 얻어 모듈 간 이동 및 결합을 할 수 있지만 다양한 모형 구현은 불가능하다. 그리고 본 연구와 가장 흡사한 Modrobotics의 Cubelet[8] 과 Moss[9] 가 있으며 조금 다른 형태인 독일의 TinkerBots[10] 있다. 다양한 모듈을 가지고 있지만 관절모듈이 없는 Culelet 그리고 관절모듈과 다양성을 가지고 있지만 소리모듈이 없고 작은 보조부품이 많이 필요한 Moss와 LED 모듈이 없으며 레고 형태의 모듈인 Tinkerbots 이 가지는 부품의 복잡성을 개선하여 단순한 모듈의 결합만으로 모든 모듈이 동작에 활용될 수 있도록 제안한다. 제안된 모듈러 로봇은 RM-bot으로 명칭을 붙였으며 모듈러 로봇에 대한 기본연구와 더불어, 창의력 증진을 위한 교육 및 놀이용 모듈러 로봇을 개발하기 위해 배터리모듈, 바퀴모듈, 센서모듈, 관절모듈 등 의 모듈을 제안하였으며 이 모듈을 사용하여 자동차 로봇, 4족로봇, 전갈로봇 등의 형태를 구현하여 실험하였고 실제 어린이집을 방문하여 3~7세 아이들 대상으로 실험을 진행하였다. 현장 실험 결과 아이들은 타 교육용 로봇과 색다른 형태와 구조에 많은 흥미를 보였으며 교육 및 놀이를 통해 창의력 증진과 상상력 증진에 효과를 보였다.

Table 1. Module analysis
표 1. 모듈 분석

모듈이름 / 모듈정보	RM-bot	Cubelets	Moss	M-blocks	Tinkerbots
소리모듈	○	○	×	×	○
관절모듈	○	×	○	×	○
LED모듈	○	○	○	×	×
바퀴모듈	○	○	○	×	○
통신모듈	Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth	XBEE	Bluetooth

Ⅱ. 단위 모듈 설계

본 연구는 다양한 형태의 단위모듈로 결합되는 모듈러 로봇 구조를 가지고 있으며, 전체적인 모듈의 형태 및 구조는 각 모듈 특성에 맞도록 설계하였다. 기본적인 케이스의 구조는 결합 및 분리가 편리하도록 자석을 사용하였으며, 암 수 구분없이 어떠한 모듈이든 결합이 가능하도록 설계되어 있다. 모듈은 인체에 무해한 복합파우더(VisiJet PXL Core Container)를 재료로 한 3D 프린터(Projet 160 3D Printer)로 출력하였으며 모듈의 크기는 4.5cm × 4.5cm 이고 두께는 모듈의 적당한 강도를 가지는 3mm로 제작하였다. 각 모듈은 그림 1과 같이 배터리모듈, 소리모듈, LED 모듈, 바퀴모듈, 관절모듈, 통신모듈 로 구성되어 있으며 통신모듈과 배터리모듈을 제외한 모든 독립 모듈의 CPU는 Atmega8을 사용하였다. 모듈마다 다른 특성으로 동작을 하며, 하나의 배터리모듈에서 모든 모듈

에게 전원을 공급하여 동작하게 된다.

Fig. 1. The proposed modular robot
그림 1. 제안된 모듈러 로봇

1. 결합 구조

모듈러 로봇의 기본적 골격인 큐브의 모양을 유지하면서 결합 및 분리가 용이하며 모듈간의 결합 시 유동이 적고 고정이 잘 될 수 있도록 제안하였다. 사용자가 손쉽게 결합 및 분리를 하고 단단한 결합을 위해 지름5mm × 두께3mm 인 네오디움 자석[JL마그네트]을 각 면당 8개, 총 32개를 활용하였으며 그림 2의 결합부 와같이 2개의 홀에 N극과 S극이 결합되며 총 8개의 홀이 대칭으로 설계되어 어떠한 방향으로도 결합이 가능하도록 설계하였다. 결합면의 고정 및 전원을 도통 시키기 위해 그림 2의 전원부와 같이 결합면의 가운데 부분의 좌, 우 위, 아래 대칭구조의 홀이 나와 있어 결합시 고정이 되며 이 부분으로 전원이 도통되어 모듈간 전원공급을 위해 설계되었다. 그림 2의 통신부는 전체모듈의 통신이 연결되는 부분이며 한 핀은 RS232 의 TX로 사용되며 콘트롤 보드에서 RX로 받아 각 모듈 간 통신을 할 수 있도록 설계되었다.

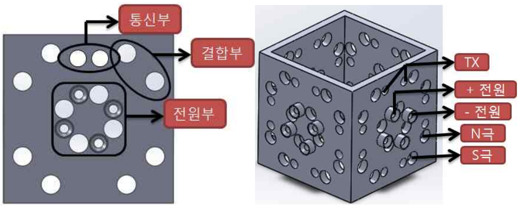

Fig. 2. Basic unit module
그림 2. 모듈 기본구조

윗 부분에 모듈을 추가적으로 연결하기 위해서는 보조면을 사용해야 하며 그림 3과 같은 구조를 설계 하였다. 보조면은 ㄱ 자 모양의 모듈로서 모듈의 기본구조가 되는 4각 모듈의 뚫린 윗면과 아랫면의 빈 공간을 채워주어 윗면과 아랫면까지 결합 할 수 있도록 도와주며 이를 통하여 더 다양한 결합을 구현 할 수 있다.

Fig. 3. Accessory module
그림 3. 보조면 모듈

2. 전원 및 통신 모듈

전원모듈은 전원을 공급하는 모듈이며, 그림 4의 좌측과 같이 모듈 기본구조에 리튬폴리머 전지 6개를 직병렬로 결합되어 1710mAh의 용량으로 모든 모듈에 7.4V 의 전원을 공급하게 된다. 모듈 내에 지지하기 위한 배터리 거치대를 설계 하였고 모듈 케이스 면과 연결을 위해 홀을 내어 나사로 고정하여 설계하였다.

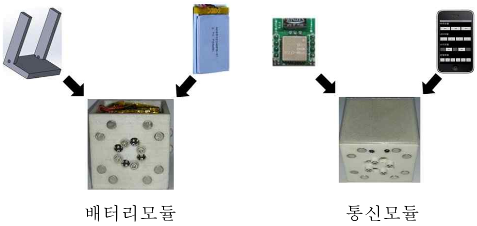

Fig. 4. Battery and communication module
그림 4. 배터리 및 통신모듈

그리고 외부 스마트기기와 모듈 간 의 명령을 주고받기 위한 통신 모듈이 있으며 Firmtech사 의 블루투스 모듈이 내장되어 있다. 통신모듈은 그림 4의 우측과 같으며 외부제어기와의 연결을 위한 모듈로서 전체 시스템구성 시 한 개의 모듈만 사용되어 동작된다.

3. 바퀴 및 관절모듈

그림 5의 좌측과 같이 기본구조에 기어로 연결된 바퀴와 4.5V, 2.5Kg.cm토크를 가진 DC모터(GM12F-Red)에 바퀴기어와 연결되는 기어가 결합되어져 있다. 바퀴는 바퀴를 고정시켜주는 보조 장치에 의해 고정되어 결합되고, DC모터는 모터 고정 장치에 의해 바퀴 기어와 맞물려 동작하도록 제작하였다. 모듈은 Atmega8에 L298P 모터드라이버가 장착되어 있으며 배터리모듈(7.4V)전원이 CPU와 모터드라이버에

인가되어 모터를 동작시킨다. DC모터의 정격이 4.5V 이지만 토크를 키우기 위해 7.4V를 그대로 사용하였으며 통신모듈에서 모터를 제어 하여 전진 및 후진, 정지가 가능하도록 하였다.

Fig. 5. Wheel and joint module
그림 5. 바퀴 및 관절모듈

관절 모듈은 동작 형태를 다양하게 변형 할 수 있도록 해주는 모듈이며, 관절 모듈은 그림 5의 우측과 같이 ㄷ자 모양의 구조물 2개가 모터를 중심에 두고 맞물려 90도, -90도 사이의 각도로 모터를 움직이게 하였다. 제어기의 CPU는 Atmega8을 사용하였고 모터는 RoboBuilder 사의 SAM5를 사용했으며 10V, 5Kgf.cm 토크를 가지고 있지만 배터리전원(7.4V)를 그대로 사용하여 공급전압의 저하로 토크의 감소를 가져왔으나 모터의 정격이 모듈구동에 충분하기 때문에 별다른 레귤레이터 설계 없이 구동하였다.

4. 스피커 및 LED모듈

스피커모듈은 그림 6의 우측과 같이 한쪽 면 만 결합이 가능하도록 하였으며, 소리전달이 잘 될 수 있도록 결합 면을 제외한 나머지 면은 8옴, 0.5W 28파이 스피커가 설치된 방향으로 소리전달 홀을 낸 케이스를 제작하여 결합시켰다. 내부 부품은 소형 스피커를 장착하였고 Atmega8이 장착된 보드와 저항과 TR로 형성된 보드가 장착되어 데이터를 받아 사용자 환경에 적합한 소리가 발생하도록 설계하였다. 현재 소방차 및 경찰차 사이렌 소리와 유사한 소리를 나오도록 하였으며, MP3 모듈 및 다른 보드를 장착하여 더 다양한 소리를 낼 수 있다.

그리고 표시장치 모듈로서 LED모듈이 설계되었다. LED모듈은 그림 9와 같이 한쪽 면을 제외한 다른 면은 투명 반사판을 끼워 넣어 LED 의 빛이 잘 반사 및 분사가 되도록 하였으며 Atmega8이 장착된 보드에 3색 LED를 장착하여 다양한 색을 보여 줄 수 있도록 하였다. LED표시 방법은 통신모듈을 통하여 제어 할 수 있도록 설계하였다.

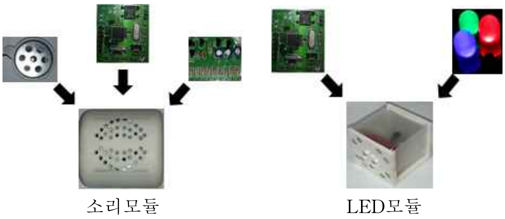

Fig. 6. Speaker and LED module
그림 6. 스피커 및 LED모듈

III. 전체 시스템 설계

전체적인 모듈러 로봇의 구성은 그림 7과 같이 배터리 모듈을 기반으로 하고 필요한 기능의 모듈을 연결하여 만들어 진다. 각 모듈은 각각의 독립적인 기능을 가지고 있으며, 전원 및 통신 부분의 단자를 공유하여 사용하게 된다. 전원은 배터리모듈에서 7.5V 전원을 공급하며 모듈의 통신부 단자는 블루투스의 TX로 연결되어 있어 콘트롤 보드의 RX로 데이터를 전송하여 제어한다.

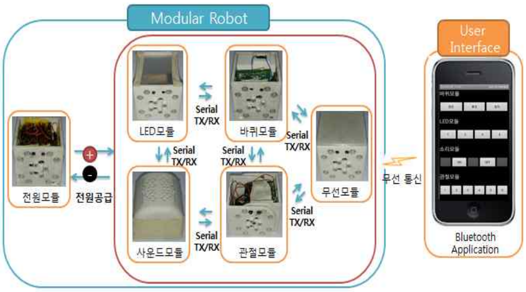

Fig. 7. Total configuration
그림 7. 전체 구성도

각 모듈과 통신을 하고 제어를 하기 위해 필요한 제어기는 그림 8과 같다. CPU는 ATMEL사의 Atmega8을 장착하였으며 ISP핀을 사용하여 프로그램을 다운받으며 모듈마다 다른 프로그램으로 동작을 한다. 전원은 모듈의 다양한 결합을 하기 위해 설계된 전원부의 (+)와(-)가 한 방향이 아닌 다른 방향으로 결합 시 쇼트가 발생하기 때문에 이를 방지하기 위해 브릿지 다이오드(DF06S)를 사용하여 교류 전원처럼 들어오는 외부전원 7.5V의 전원을 안전한 직류 전원으로 출력하고 3.3V(LM1117_3.3)레귤레이터를 거쳐 전체적인 전원을 공급해 주도록 하였다. 통신은 스마트폰에서 전송된 데이터를 블루투스 TX를 통하

여 제어기의 RX핀으로 들어오며 CPU는 신호를 인식하여 제어기의 TX핀으로 관절모듈의 모터 동작 프로토콜을 전송하거나 PB0, PB1 포트를 통해서 모터드라이버와 LED, 사운드를 제어한다.

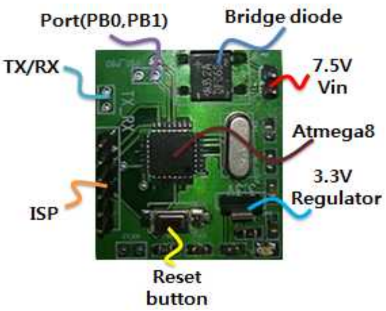

Fig. 8. Module controller
그림 8. 단위 모듈 제어기

각 모듈만의 결합방식은 그림 9와 같이 전원모듈과 통신모듈을 기반으로 각 모듈들은 적절하게 결합시켜 이루어진다. 각 모듈은 사용자가 필요에 따른 모듈을 선택하여 적절한 선택 면을 고른 후 주변에 접근시켜 자석의 힘으로 면 결합된다.

Fig. 9. Combination sequence
그림 9. 모듈 결합 과정

그리고 사용자의 동작을 편리하게 하기 위한 스마트폰 기반 사용자 인터페이스를 설계 하였다. 사용자 인터페이스는 전체 모듈의 동작을 제어하기 위해 개발한 블루투스 어플리케이션이며 그림 10과 같다.
각 모듈별 개별적인 기능을 수행하기 위해 모듈별로 파트를 나누어 설계하였으며, 모듈 간 스마트폰 간 페어링을 하여 각 버튼을 눌러 전체적인 모듈을 제어할 수 있다. 바퀴모듈 제어부, LED모듈 제어부, 소리모듈 제어부, 관절모듈 제어부 총4 가지의 제어부로 나누어진 어플리케이션이다. 바퀴모듈은 전진, 후진, 정지 버튼으로 구성 되어 있으며, 세 가지 버튼으로

Fig. 10. Android user GUI
그림 10. 안드로이드 사용자 환경

바퀴모듈을 제어 할 수 있다. LED모듈은 1, 2, 3, 4의 숫자로 된 4개의 버튼으로 구성되어 있고, 1번 버튼 동작시 3색 LED 가 동시에 불이 들어와 동작하고, 2번 버튼을 동작시 파란색 LED가 점등 되고 3번을 동작시 빨간색 LED 가점등되며 4번을 동작시 소등된다. 소리모듈은 On, Off 2개의 버튼으로 구성되며 On으로 소리를 작동시키고, Off로 소리를 중단시킨다. 마지막으로 관절모듈은 총 1~6까지 6개의 버튼으로 구성되어 있으며 총 4개의 모듈이 1~4번까지 아이디처럼 작동되며 5~6 번은 동시에 동작을 할 수 있도록 되어 있다.

Ⅳ. 동작 실험

설계된 로봇을 이용하여 창의적인 동작을 구현하기 위해 사용자가 직접 탈 부착하는 방식을 사용 하였다. 하지만 기존 교육용 로봇을 사용한 동작실험은 사람의 형태를 하여 LCD를 통해 교육을 진행하였으며 본 모듈러 로봇과 형태 및 동작 자체가 확연히 다른 것을 알 수 있었고 또한 기존모듈러 로봇은 본 모듈러 로봇과 달리 관절 및 소리 모듈이 없어 기존 모듈러 로봇으로 표현하지 못하는 부족한 동작을 개선하여 동작실험을 해 보았다. 모듈은 4가지 면을 자유롭게 사용자가 원하는 방법으로 결합이 가능하도록 되어있어 다양한 아이디어만 있으면 어떠한 동작이든 쉽게 구현할 수 있도록 설계되었다. 이렇게 설계된 단위 셀을 기반으로 바퀴모듈을 이용한 자동차 및 기차 등 바퀴가 달린 기기들을 구현 할 수 있으며, 관절 모듈을 이용하여 4족 동물 및 자벌레 의 움직임을 구현할 수 있다. 또한 표현의 다양화를 위하여 사운드 및 LED 모듈을 추가하여 새로운 동작을 표현 할

수 있으며 보조면 모듈을 활용하여 더 추가적인 형태로 결합이 가능하다. 현재는 5개의 모듈로 표현을 하였지만 차후 센서모듈, 회전모듈 등 다양한 모듈을 사용하여 각종 형태의 표현을 풍부하게 구현될 수 있을 것으로 예상된다. 그림 11은 통신모듈과 배터리모듈 그리고 바퀴모듈만 결합하여 전진 및 후진이 가능한 자동차 놀이를 하는 것 이며, 그림 12는 LED 모듈과 사이렌 모듈을 추가하여 경찰차 소방차와 같은 특수 한 차를 만들어 동작 구현을 하였다. 시작점에서 출발하여 시간의 흐름에 따라 원활한 이동이 있음을 알 수 있으며, LED동작을 통해 시각적인 효과를 줄 수 있었다. 자동차 구동 동작은 바퀴모듈의 모터를 제어하여 수행 하였다.

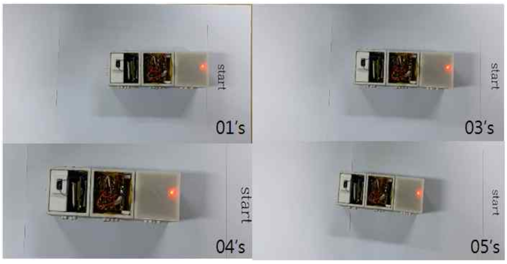

Fig. 11. Car operation
그림 11. 자동차 동작

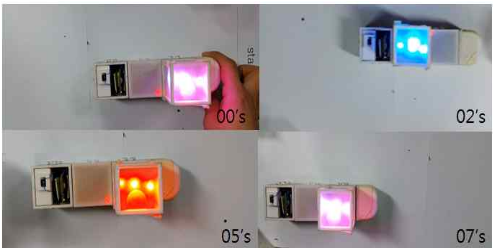

Fig. 12. Special car operation
그림 12. 특수차 동작

그림 13,14은 전진 및 후진만을 할 수 있는 바퀴모듈에 관절모듈을 추가 결합하여 방향전환이 가능하도록 하였으며 좌측 및 우측으로 방향을 틀어 이동할 수 있는 동작을 할 수 있도록 동작을 구현해 보았다.

이러한 동작은 제한된 공간 하에서 이동시 필요한 기능이며 향후 자동 도킹에서도 사용 될 수 있는 유용한 기능이다.

그림 15는 전원모듈, 통신모듈, 바퀴모듈에 추가적으로 관절모듈 4개 모듈을 사용하여 4족 형태의 모델을 만들었으며, 각 관절은 앞쪽으로 향하게 두 모듈 옆

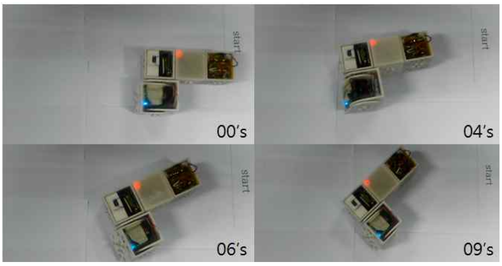

Fig. 13. Leftward movement
그림 13. 좌측방향 전환

Fig. 14. Rightward movement
그림 14. 우측방향 전환

으로 향한 두 모듈을 장착하여 동작시 회전하며 이동하는 동작을 구현하였다. 이 동작은 관절을 이용하여 이동하는 방식으로 바탕면이 고르지 않을 때도 이동이 가능 할 수 있다.

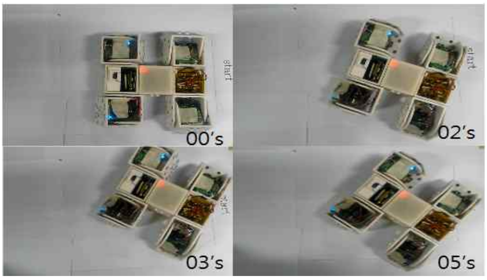

Fig. 15. Rotational movement with 4 legged robot
그림 15. 4족 회전 이동 동작

그림 16은 전원모듈, 통신모듈, 바퀴모듈, 관절모듈 2개 모듈과 보조모듈을 사용하며 상단에 한 개의 관절모듈과 LED 모듈을 결합시켜 전갈 모형을 구현하였으며, 동작 시 앞으로 전진을 하면서 상단에 있는 관절모듈을 사용하여 전갈이 독침으로 공격을 하는 듯한 동작은 구현 하였다.

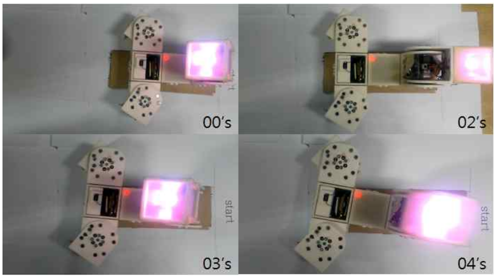

Fig. 16. Scorpion motion
그림 16. 전갈 이동 동작

V. 현장 실험

아이들을 대상으로 실험을 하는 것이기 때문에 안전적으로 검증이 필요하였다. 모듈러 로봇의 결합 방식에 쓰이는 네오디움 자석으로 인한 자기장의 영향이 우려가 되었지만 자기장 영향에 대한 모듈의 안전성을 증명 하지 못하였다. 하지만 네오디움 자석을 활용한 의학적 기구 가 많이 사용되고 있어[11] 아이들에게 무해할 것이라고 예상하며 향후 정확한 검증을 할 계획이다. 또한 모듈을 통한 세균감염을 우려하여 모듈을 소독 후 본 연구의 효과를 증명하기 위해 어린이집을 방문하여 연령별로 실험을 진행하였다. 모듈은 아이들의 관심을 가지도록 하기 위하여 하얀색이던 모듈을 그림 17과 같이 각 모듈마다 다른 색으로 칠 하여 아이들에게 친근하게 보이도록 표현하였다. 실험은 3세부터 7세의 어린이를 대상으로 실험군을 만들었으며 3~4세 5~7세 두 그룹으로 나누어 실험을 하였다. 3~4세 어린이는 집중 할 수 있는 시간이 적으며 이해도가 느려 아이들이 직접 창의적인 학습을 하기 보단 모듈을 설명하며 질문과 대답 형식으로 모듈을 활용하여 창의적 교육을 실행하였으며 5~7세 어린이는 3~4세 어린이보다 집중도 및 이해가 빠르기 때문에 아이들이 직접 모듈을 활용하여 창의적인 활동을 할 수 있도록 하였다.

Fig. 17. Painted modular robot
그림 17. 색칠된 모듈러 로봇

그림 18은 3~4세를 대상으로 실험을 하는 장면이며 3~4세 어린이는 집중력 및 이해도가 떨어져 스마트폰 조작 및 모듈 결합 및 분리 가 어려워 개개인별 모듈을 이용한 실험보다 여러 가지 동작을 보여주면서 모듈러로봇에 대한 교육과 함께 질문과 대답 형식을 통하여 아이들의 아이디어 및 생각을 반영하여 창의적인 활동을 진행하였으며 다양한 동작과 결합을 통하여 시각적인 흥미를 이끌었다.

Fig. 18. 3~4 year children's experiments
그림 18. 3~4세 대상 실험

그림 19는 5~7세 그룹의 아이들을 대상으로 실험을 진행 한 장면이며 3~4세 아이들보다 집중력 및 이해도가 높기 때문에 기본적인 모듈 결합 및 동작을 보여 준 후 아이들에게 한명씩 모듈을 만져보기도 하고 결합 및 분리를 직접 해보고 스마트폰을 사용하여 간단한 동작을 할 수 있도록 하였다. 아이들에게 모듈러 로봇의 흥미를 가지게 하며 교육을 통해 이해 및 사용 방법을 학습할 수 있도록 하는 장면이다. 아이들은 순서를 정하여 한사람씩 나와 실험을 진행하였으며 바퀴모듈을 대상으로 간단하게 동작 및 결합 분리를 할 수 있도록 하였다.

Fig. 19. 5~7 year children's learning of the module
그림 19. 5~7세 대상 모듈 학습

그림 20은 5~7세 아이들에게 모듈러 로봇을 이해하기 위한 개별적 학습을 마친 후 여럿이서 아이디어를 내어 모듈을 분리 및 결합을 통해 원하는 동작 및

형태를 구현하며 놀이를 함으로써 상상력을 요구하는 창의적 활동장면이다. 아이들은 모듈의 동작을 표현해서 즐거움을 얻기도 하지만 자신이 원하는 결합 형태를 토대로 모형을 만들어 내는 것에 대해 더 성취감 및 기쁨을 느꼈으며 각기 자신이 좋아하는 모듈을 주로 결합을 많이 하는 모습을 보였고 특히 바퀴모듈과 LED 모듈을 많이 좋아하는 모습을 보였다.

Fig. 20. Creative play and education with many children
그림 20. 다수 어린이의 창의적 놀이 및 교육

그림 21은 아이들이 모듈의 이름과 각 모듈의 동작 등 모듈러 로봇과 친숙해질 정도의 시간을 가진 후 적절한 시간에 걸쳐 만들고 싶은 형태를 만들어 보며 만든 형태의 이름도 붙여 보기도하고 동작도 시켜 어떠한 동작이 나오는지 실험을 하는 장면이다. 아이들은 그림 4-12와 같은 형태로 결합을 하였고 아이들마다 만든 모듈의 이름을 강아지, 기린, 뱀 등의 형태를 떠올리며 상상하며 놀이를 하고 즐거워 할 수 있는 것을 확인하였다.

Fig. 21. Creative works of children
그림 21. 아이들의 상상력 작품

그림 22는 3~7세 아이들에게 충분한 실험을 마친 후 30명의 아이들을 대상으로 실험을 하면서 재미있었거나 좋았던 모듈의 선호도 조사를 해본 결과이다. 배터리모듈 과 통신모듈은 특별한 시각적 표현 및 동작이 없어 인기가 부족하였고, 시각적으로 재미를 준 LED모듈이 가장 인기가 높았다, 이어서 바퀴모듈, 관절모듈, 소리모듈 순으로 아이들이 좋아하고 흥미를 느끼는 것으로 확인하였다.

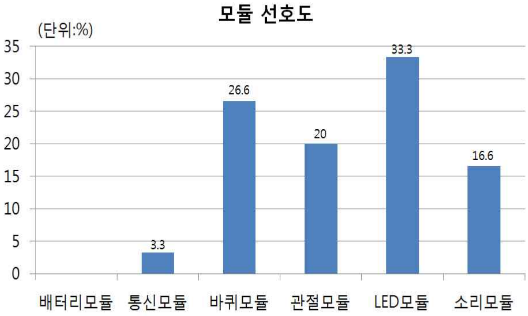

Fig. 22. Module preference
그림 22. 모듈 선호도

Ⅵ. 결론

본 연구는 큐빅 모양의 모듈 형태를 기반으로 하면서 모듈 셀들을 재구성하는 다양한 모듈을 제작하여 여러 형태를 변형 할 수 있는 결합 구조를 제안하고 다양한 결합 방식을 창작하여 유아부터 청소년들 이 교육 및 놀이를 할 수 있는 모듈러 로봇을 개발하였다. 각 모듈은 CPU에 짜여진 프로그램에 따라 다르게 동작하며 이 모듈들의 결합을 통해 다양한 방식으로 형태를 변경할 수 있었다. 모듈들을 이용하여 창의력 증진을 위한 다양한 형태로 자동차 동작, 4족 동작, 전갈 동작 등 을 구현을 해보았으며, 이러한 동작들이 실제 효과를 증명하기 위해 어린이집 3~7세 아이들을 대상으로 현장 실험을 하였다. 아이들은 간단한 로봇 교육을 통해 로봇에 대한 친근감이 심어졌으며 결합 및 분리를 하면서 다양한 형태의 결과물을 만들어 내었고, 창의적인 활동을 하는 것을 보았다. 본 연구는 유아부터 청소년을 대상으로 모듈을 개발하였지만 실험을 통해 집중력 및 이해도가 부족한 3세 4세의 어린이들에게는 간단한 교육을 통해 로봇에 대한 흥미를 증가 시킬 수는 있지만 모듈을 사용하기에 다소 힘든 점이 보였으며 5~7세 어린이들은 모듈을 쉽게 이해하며 자기 주도적으로 모듈을 사용하는 것을 확인하였다. 실험 결과를 토대로 모듈은 5세부터 13세 의 대상으로 교육 및 놀이가 가능함을 증명하였으며 유치원 고학년부터 초등학생용으로 기준을 잡도록 하였다. 현장 실험을 통하여 아이들에게 교육 및 창의력 증진에 효과가 있다는 것을 확인하였으며 많은 아이디어와 학습을 통해 다양한 동작을 더 많이 만들어 낼 수 있을 것으로 예상된다. 또한 추가적으로 기존과 다른 형태의 관절모듈 및 센싱모듈 을 설계하여

더 복잡하고 다양한 형태의 동작을 만들 수 있도록 연구를 진행할 예정이다. 향후 면 결합 시 결합 상태를 모니터링 할 수 있는 중앙콘트롤러 및 사용자프로그래밍 학습 콘텐츠를 설계하고 이를 기반으로 더 쉽고 다양한 동작에 대한 아이디어를 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] Hashimoto, T et al, *"Elementary science lesson delivered by robot"*, ACM/IEEE International Conference on Publication, pp133 – 134, 2013

[2] Eteokleous, N et al, *"Educational robotics as learning tools within the teaching and learning practice"*, IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp1055 – 1058, 2014

[3] Francesco Mondata et al, *"Swarm-Bot: A New Distributed Robotic Concept"*, Autonomous Robots, Kluwer Academic Publisher, Vol.17, pp193 – 221, 2004

[4] Andres Castano et al, *"The Conro Modules for Reconfigurable Robots"*, IEEE Transaction on Mechatronics, pp100 – 106, 2002

[5] In-Hwan Ryoo et al, *"Design of the Combination and Separation Structures of a Modular Robot"*, Journal of Academia-industrial cooperation Society, Vol.12, No.8, pp3626 – 3635, 2011

[6] Kwak,s.s et al *"Field trials of the block-shaped edutainment robot HangulBot"*, IEEE international Conference on Publication, pp403, 2012

[7]http://newsoffice.mit.edu/2013/simple-scheme-for-self-assembling-robots-1004

[8]http://techland.time.com/2012/01/11/the-smartest-toy-blocks-ever-made-cubelets/

[9] http://techcrunch.com/2013/11/07/moss/

[10] http://techcrunch.com/2014/04/10/tinkerbots/

[11] Kyung Jang, *"National patent application technology trends of the treatment device and auxiliary equipment using the magnet"*, Master's Thesis Daejeon University, ii, pp31, 2010

BIOGRAPHY

Choi Joon-Sik (Student Member)

2013.2 : BS degree in Electrical Engineering, Semyung University.
2013.3 ~ current : MS course of Electrical and Electronic Engineering, Semyung University.
Main Research : Automatic Control, Embedded System.

Lee Bo-Hee (Member)

1985 : BS degree in Electronic Engineering, Inha University
1984.12-1987: Researcher in Communication Research Center, Samsung Electronics Co.
1990-1996 : MS and PhD deg. in Automation Eng., Inha Univ.
1997.3 ~ Professor in Electrical Engineering of Semyung Univ.
Main Research Area: Control Engineering, Automation, Embedded System

Kim Jin-Geol (Member)

1978.2: BS degree in Electrical Engineering, Seoul National University.
1988: MS and PhD deg. in Electrical and Computer Eng., Iowa Univ(USA).
1988 ~ Professor in Electrical Engineering of Inha Univ.
Main Research Area: Nonlinear Control, Walking Robot, Intelligent Control