

융복합 무선통신을 이용한 키네틱 발광 오브젝트 제어 장치 및 방법에 관한 연구

강희라
인하대학교 시각정보디자인전공

A Study on Kinetic Light-Emitting Object Control Systems Using Convergence Wireless Communication and the Methodologies of Research

Hee-Ra Kang

Dept. of Visual Communication Design, INHA University

요 약 본 연구는 키네틱 발광 오브젝트 제어 장치 및 이를 위한 방법에 관한 것으로 BMW Korea의 의뢰를 받아 제작하게 된 작품이다. 연구에서 설명하고 있는 작품은 BMW Korea 드라이빙센터의 설치를 목적으로 하고 있으며 현재 프로토타입 제작이 완료된 상태이다. 본 연구는 다수의 그룹으로 이루어진 다수의 오브젝트와, 그것을 이용하여 형상을 나타내기 위해 다수의 그룹 각각에 대응하는 메인 제어 신호를 전송하는 메인제어부와, 메인 제어신호에 따라 상기 다수의 그룹 중 대응하는 그룹의 오브젝트 각각에 대응하는 서브 제어 신호를 전송하는 다수의 서브제어부와, 서브 제어 신호에 따라 다수의 오브젝트 각각과 연결된 와이어의 길이를 조절하는 다수의 구동부를 포함하는 것을 특징으로 하는 키네틱 발광 오브젝트 제어 장치와 이에 따른 방법에 관한 연구이다.

주제어 : 키네틱오브젝트, 디지털융복합, 지그비, 무선통신, 마이크로제어장치

Abstract This study is on kinetic light-emitting object control systems and the methodologies for research. The study explores the methodologies for researching and findings on kinetic light-emitting object control systems, which consist of multiple objects comprising multiple groups; the main control section that transmits the main control signals that correspond to each of the groups in order to display forms using multiple objects; multiple sub control sections that transmit sub control signals in correspondence to each of the objects in the corresponding groups from the above in accord with the main control signal; and multiple driving parts that control the length of the wires connected to each of the multiple objects according to the sub control signal.

Key Words : Kinetic Object, Digital Convergence, Zigbee, Wireless Communication, Microcontroller Unit

Received 5 April 2015, Revised 11 May 2015

Accepted 20 June 2015

Corresponding Author: Hee-Ra Kang
(The Society of Digital Policy)

Email: whitishe@gmail.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2014년 08월 대한민국 영정도에 BMW사의 드라이빙 센터가 독일, 미국에 이어 세계에서 세 번째로 정식 오픈하였다. 2014년 초 BMW Korea는 드라이빙센터 내 주니어캠퍼스의 오픈을 준비하면서 국내 콘텐츠 제작 에이전시인 '싱크브리지'사에게 콘텐츠 기획 및 제작을 의뢰하였고, '싱크브리지'사는 본 저자에게 작품을 의뢰하였다. '싱크브리지'사에게 본 저자는 BMW 본사의 뮌헨박물관에 있는 'Kinetic Sculpture'의 추가 개선된 작품을 제안하였고, '싱크브리지'사의 동의로 작품제작을 시작하게 되었다. 그리고 현재 프로토타입 제작이 완료된 상태이다. 본 연구는 'Art+Com'사가 제작한 'Kinetic Sculpture'의 개선 작품을 제작 완료하여 BMW Korea의 드라이빙 센터에 설치를 목적으로 하고 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 기존의 작품에 추가된 아이디어를 제안하게 되었고, 이를 실행하기 위해 세가지 문제를 해결하게 되었다. 추가된 새로운 아이디어는 기존 'Kinetic Sculpture'의 매달려 있는 공에 RGB LED를 삽입하여 1,000개의 공이 높이를 조절하여 만들어낸 특정 모양에 색상을 더해 움직임을 만들어 내는 것이다. 이를 실행하기 위해 각각의 1,000개의 공은 공의 높이를 제어하는 모터를 포함한 메인제어 부는 1,000개의 공을 제어하기 위해 특정한 형태로 제어시스템을 구성해야 하며, 1,000개의 공과 무선 통신을 해야 한다. 또한 공은 전원을 공급받기 위해 배터리를 내장해야 한다. 배터리가 내장된 공은 방전시 충전을 위해 매번 모터에 연결된 와이어에서 분리 될 수 없으며, 이를 해결하기 위해 무선충전 시스템을 제안하게 된다. 이러한 방법을 통해 위에서 제시한 세가지 문제를 해결하는 것이 본 연구의 범위이다.

2. 기업을 통해 설치된 미디어아트

2.1 폭스바겐의 '재미이론'

2010년 폭스바겐은 '재미이론'이라는 주제로 세가지 미디어 작품을 만들어 사용자와 소통한 사례를 가지고

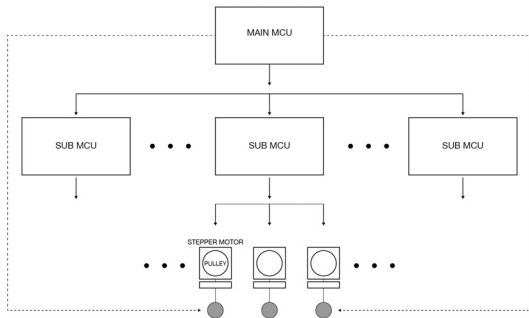
있다. 그 첫 번째 것이 'Piano Stairs'이다. 이 작업은 스웨덴의 전철역중 한 곳을 선택하여 그곳에 계단과 에스컬레이터의 이용 상황을 분석하고 큰 계단이 있지만 사람들이 옆의 에스컬레이터를 주로 이용하고 있다는 사실에서 출발해 계단을 피아노 건반으로 만들어 사용자의 유도를 꾀한 작품이다. 두 번째 것은 'The world's deepest bin'이다. 공원의 쓰레기통을 개조한 작품이다. 사람들이 공원의 쓰레기통에 쓰레기를 잘 넣지 않고 주변에 쓰레기를 흘리는 것을 개선하기 위해 쓰레기통 안쪽에 센서를 설치하고 쓰레기를 쓰레기통에 넣으면 물체가 깊은 곳에 떨어지는 것과 같은 소리를 발생시켜 사람들에게 정확히 쓰레기를 쓰레기통에 넣게 유도한 작품이다. 세 번째 것은 'Bottle Bank Arcade'이다. 이것은 게임형식으로 된 재활용품 분리수거 통인데, 다섯 개의 구멍을 가지고 있고 불이 들어오는 구멍에 병을 넣으면 점수가 올라간다. 위의 세가지 작품들은 2010년 칸 광고제에서 수상을 하기도 했다. 현재 기업들은 기업의 이미지를 표현할 수 있는 미디어 작품을 작가와 협업하여 설치하는 작업을 활발히 전개하고 있다. 이러한 시점에서 본 작품은 해외의 기업작품에 콘텐츠를 더해 국내에 설치를 목적으로 제작된 작품이다.

3. 작품의 하드웨어 구조

3.1 모터 제어를 위한 MCU의 트리구조 제어 방법

메인 MCU는 다수의 서브 MCU의 스텝퍼모터와 와이어로 연결된 모든 RGB LED 공의 움직임을 제어할 수 있다. 이를 위하여, 메인 MCU는 서브 MCU로 메인 제어 신호를 전송할 수 있다. 메인 제어 신호는 RGB LED 공 중 하나의 그룹의 형상을 지시하는 정보를 포함한다. 즉, 메인 MCU는 다수의 서브 MCU 각각에 상응하는 메인 제어 신호를 전송하여 각 서브 MCU가 제어하는 RGB LED 공의 움직임을 제어하도록 한다.

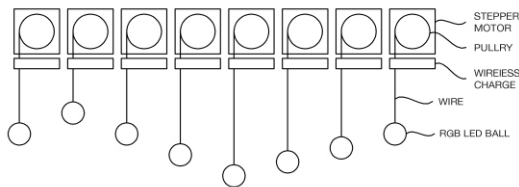
서브 MCU는 각 그룹에 속한 RGB LED 공의 움직임을 제어하기 위한 것이며, 각 그룹에 대응하여 하나의 서브 MCU가 존재한다. 따라서 서브 MCU는 하나의 그룹에 속한 다수의 RGB LED 공을 제어하기 위해 메인 제어 신호를 가공하여 서브 제어 신호를 생성하고, 이를 해당하는 각각의 스텝퍼모터에 전송한다.



[Fig. 1] MCU of tree structure

서브 제어 신호는 서브 MCU가 제어하는 RGB LED 공의 그룹에 속한 RGB LED 공 각각의 위치 정보를 포함한다. 서브 MCU는 각 RGB LED 공에 대응하는 스텝퍼모터에 해당하는 RGB LED 공의 위치 정보를 포함하는 서브 제어 신호를 전송하여 스텝퍼모터가 그 위치에 따라 RGB LED 공을 이동시키도록 한다.

3.2 RGB LED 공의 높이 제어를 위한 모터



[Fig. 2] Control of RGB LED Ball through the wire structure of the stepper motor

서브 제어 신호를 수신한 구동부는 RGB LED 공에 일대일 대응하며, 연결된 와이어를 통해 대응하는 RGB LED 공을 움직인다. 이를 위하여, 구동부는 스텝퍼모터 (stepper motor) 및 풀리(pulley)를 포함한다. 스텝퍼모터는 서브 제어 신호의 위치 정보에 따라 풀리를 회전시켜 풀리에 감겨 있는 와이어의 길이를 조절한다. 이에 따라, 와이어의 일단에 결합된 RGB LED공이 위아래로 움직인다.

서브 제어 신호를 수신한 구동부는 RGB LED 공의 위치 조절 단계에서 서브 제어 신호에 포함된 위치 정보에 따라 반응하는 RGB LED 공의 위치를 조절한다. 즉, 스텝퍼모터는 풀리를 회전시켜 와이어의 길이가 서브 제어

신호에 입력된 바와 같이 되도록 한다. 이에 따라, RGB LED 공의 위치가 조절될 수 있다.

메인 MCU는 각 시나리오에 매핑되어 각 오브젝트 그룹에 대한 형상 정보를 저장할 수 있다. 예를들어, 이러한 정보는 다음의 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Scenario transmission method

Scenario Identifier	All Shape	Group 1 Driving part 1	Group 2 Driving part 2	Group 3 Driving part 3	...
1	SIN Wave	SIN Wave 1	SIN Wave 2	SIN Wave 3	...
2	SINCWave	SINC Wave 1	SINC Wave 2	SINC Wave 3	...
3	Triangle Wave	Triangle Wave 1	Triangle Wave 2	Triangle Wave 3	...
4	Half Circle	Half Circle 1	Half Circle 2	Half Circle 3	...
5	Other Inclination	Inclination -2	Inclination 1	Inclination 3	...
6	Random	Random 1	Random 2	Random 3	...
...

또한, 서브 MCU의 각 시나리오에 매핑되어 해당 시나리오를 실행할 때 서브 MCU에 속한 RGB LED 공 각각의 위치 정보를 저장한다. 이러한 정보는 다음의 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Location information storage method of RGB LED ball

Scenario Identifier	Shape-information	Object 1 Driving part 1	Object 2 Driving part 2	Object 3 Driving part 3	Object 4 Driving part 4	...
1	SIN Wave1	1.75m	1.65m	1.55m	1.45m	...
	SIN Wave2	1.75m	1.60m	1.45m	1.30m	...
	SIN Wave3	2.00m	1.80m	1.60m	1.40m	...

Scenario Identifier	Shape-information	Object 1 Driving part 1	Object 2 Driving part 2	Object 3 Driving part 3	Object 4 Driving part 4	...
2	SINCWave 1	2.00m	1.78m	1.51m	1.30m	...
	SINCWave 2	2.00m	1.90m	1.80m	1.70m	...
	SINCWave 3	0.90m	1.55m	1.10m	1.60m	...
...

메인 MCU가 <Table 1>과 같은 정보를 저장하고, 서브 MCU가 <Table 2>와 같은 정보를 저장한 상태라고

가정한다면, 메인 MCU는 다수의 서브 MCU 각각에 대해 메인 제어 신호를 생성한다. 여기서, 메인 제어 신호는 다수의 RGB LED 공 중 하나의 그룹의 형상을 지시하는 정보로 시나리오 식별자와 이에 대응하는 형상에 대한 정보를 포함한다. 그런 다음, 메인 MCU는 메인 제어 신호를 해당 서브 MCU로 전송한다. 즉, 메인 MCU는 입력 신호가 지시하는 시나리오가 1이면, 메인 MCU에서 시나리오 1에 해당하는 정보를 추출한다. 그런 다음, 메인 MCU는 추출된 정보에 따라 메인 제어 신호를 생성한 후, 생성된 메인 제어 신호를 인터페이스모듈을 통해 해당하는 서브 MCU로 전송한다. 예를 들어, <Table 1>을 참조하면, 메인 MCU는 그룹 1에 대응하는 제1 서브 MCU로 SIN파형 1을 나타내는 메인 제어 신호를 생성하고, 이를 제1 서브 MCU로 전송하고, 그룹 2에 대응하는 제2 서브 MCU로 SIN파형 2를 나타내는 메인 제어 신호를 생성하고, 이를 제2 서브 MCU로 전송하며, 그룹 3에 대응하는 제3 서브 MCU로 SIN파형 3을 나타내는 메인 제어 신호를 생성하고, 이를 제3 서브 MCU로 전송할 수 있다.

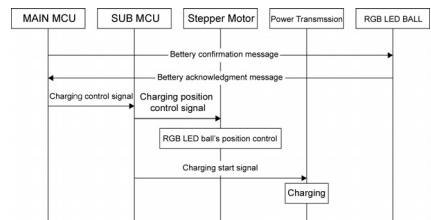
메인 제어 신호를 수신한 서브 MCU는 메인 제어 신호에 따라 자신이 속한 RGB LED 볼 각각에 대한 서브 제어 신호를 생성하고, 생성된 서브 제어 신호를 해당하는 스텝퍼모터에 전송한다. 즉, 서브 MCU는 제1 인터페이스유닛을 통해 메인 제어 신호를 수신하면, 메인 제어 신호의 시나리오 식별자 및 형상 정보(SIN파형 1, 2, 3, ...)에 따라 <Table 2>에 표시된 것과 같은 미리 저장된 위치 정보를 추출한다. 그런 다음, MCU는 RGB LED 공 각각에 대응하는 위치 정보를 포함하는 서브 제어 신호를 생성한다. 이어서, MCU는 제2 인터페이스유닛을 통해 RGB LED 공에 대응하는 스텝퍼모터로 서브 제어 신호를 전송한다. 예를들어, <Table 2>를 참조하면, 프로세스유닛은 오브젝트 1에 대응하는 제1 구동부로 위치 정보(1.75m)가 기술된 서브 제어 신호를 전송하고, 오브젝트 2에 대응하는 제2 구동부로 위치 정보(1.65m)가 기술된 서브 제어 신호를 전송하고, 오브젝트 3에 대응하는 제3 구동부로 위치 정보(1.55m)가 기술된 서브 제어 신호를 전송할 수 있다.

서브 제어 신호를 수신한 스텝퍼모터는 서브 제어 신호에 포함된 위치 정보에 따라 대응하는 RGB LED 공의 위치를 조절한다. 즉, 스텝퍼모터는 풀리를 회전시켜 와

이어의 길이가 서브 제어 신호에 기술된 위치 정보와 같이 되도록 한다. 이에 따라, RGB LED 공의 위치가 조절될 수 있다.

3.3 무선충전 시스템

RGB LED 공은 본 작품에서 얇은 와이어에 연결되어 스텝퍼모터로 위치값을 이동시키고 있다. 즉 공 안의 RGB LED를 켜기 위해서는 전원이 필요한데 전선을 이용해서 전원을 줄 수 있는 방법이 없다. 그래서 배터리를 사용하였다. 하지만, 작품 설치시 1,000개의 배터리를 방전시 마다 전원 케이블을 이용해 충전을 실시하는 것은 비효율적인 방법이다. 따라서 RGB LED 공에 내장되어 있는 배터리의 충전을 위해 무선충전 시스템을 사용하였다. 무선충전 시스템이란 전원부와 충전대상부의 배터리에 코일을 이용하여 자기장을 발생시켜 배터리를 충전하는 방식이다. 이러한 방법을 통해 RGB LED 공의 내부 배터리에 충전 코일을 삽입하고, 스텝퍼모터의 아래부분에 전원이 연결된 충전을 유도할 수 있는 코일을 사용하여 배터리를 충전하게 된다.

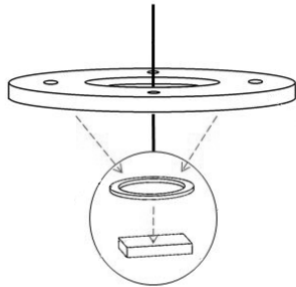


[Fig. 3] Flowchart of wireless charging method

위의 [Fig. 3]은 RGB LED 공을 충전하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 또한, 아래 [Fig. 4]는 RGB LED 공을 충전하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 공안의 아래쪽에 있는 것은 배터리 이고 그위에 있는 것이 충전 코일이다. 공의 윗부분에 있는 도넛츠 모양은 안쪽에는 전원부의 충전코일의 자기유도를 돕기위한 장치이며 안쪽에는 충전코일이 설치되어 있다.

메인 MCU와 RGB LED 공은 주기적으로 충전 시기를 결정하기 위해 통신할 수 있다. 즉, 메인 MCU는 [Fig. 3]에서 보는 것과 같이 배터리 확인 메시지를 RGB LED 공으로 전송하며, RGB LED 공은 이에 대한 응답으로 배터리 확인 응답 메시지를 메인 MCU로 전송한다. 배터리 확인 응답 메시지를 통해 RGB LED 공은 배터리 충전이

필요한지 여부를 메인 MCU에 알릴 수 있다. RGB LED 공은 배터리 잔량이 미리 설정된 용량 미만인 경우에 배터리 충전이 필요한 것으로 메인제어 MCU에 알릴 수 있다. 메인 MCU는 배터리 확인 응답 메시지를 통해 배터리 충전이 필요한 것으로 신호를 보낸 RGB LED 공에 대해 배터리 충전 프로세스(충전 제어 신호 내지 충전)를 수행할 수 있다. 또한, 메인 MCU는 배터리 확인 메시지에 대해 미리 설정된 횟수 혹은 미리 설정된 시간 이상 응답이 없는 RGB LED 공에 대해 배터리 충전 프로세스를 수행할 수 있다. 이와 같이, 배터리 충전 프로세스 수행이 결정되면, 메인 MCU는 충전 제어 신호를 생성하고, 생성된 충전 제어 신호를 서버 MCU로 전송한다. 충전 제어 신호는 충전이 필요한 RGB LED공을 식별하는 정보를 포함한다.



[Fig. 4] RGB LED공의 충전 방법

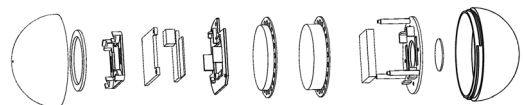
충전 제어 신호를 수신한 서버 MCU는 충전 위치 제어 신호를 해당하는 RGB LED 공에 대응하는 스텝퍼모터로 전송한다. 그러면, 스텝퍼모터는 해당하는 RGB LED 공의 위치를 조절한다. 즉, 스텝퍼모터는 [Fig. 4]에서와 같이, RGB LED 공의 충전이 가능한 위치, 즉, 전력 전송부의 송신충전코일의 자기장의 범위 내로 이동시킨다. 또한, [Fig. 3]에서와 같이 서버 MCU는 충전 개시 신호를 해당 RGB LED 공에 대응하는 전력전송부로 전송한다. 그러면, 전력전송부는 RGB LED 공을 충전시킨다. 즉, [Fig. 4]에서와 같이, 전력 전송부는 충전 개시 신호를 수신하면, 송신충전코일에 자기장을 발생시킨다. 앞서, RGB LED 공의 이동에 따라 전력수신부의 수신충전코일이 전력전송부의 송신충전코일의 자기장의 범위 내에 있을 것이다. 따라서 송신충전코일에서 발생하는 자기장에 의해 수신충전코일에서 전기가 유도되며, 유도된 전

기는 배터리에 제공되어 이를 통해 배터리가 충전된다.

4. RGB LED 공의 구조 및 MCU와의 통신방법

4.1 RGB LED 공의 구조

아래 [Fig. 5]는 공의 구조를 설명하기 위한 그림이다. 양쪽 끝의 원형 부분은 하드웨어 장치를 보호하고 원형의 모양을 유지하기 위한 덮개이다. 덮개를 제외한 왼쪽 첫 번째 장치는 충전코일이다. 무선충전의 자기장을 유도하기 위한 장치이다. 왼쪽 두 번째는 충전코일 지지대이다. 아래 장치와의 직접적인 마찰을 피하기 위해 제작되었다. 세 번째 장치는 배터리 보호 회로이다. 배터리 보호 회로는 배터리 방전시 미리 설정된 용량 이하의 배터리 용량이 확인될 경우 배터리의 사용을 차단하는 장치이다. 네 번째 장치는 충전보호회로이다. 충전 보호 회로는 무선충전장치를 통해 공 안의 배터리 충전시 과충전되는 것을 막는 장치이다. 다섯 번째 장치는 충전보호회로 지지대이다. 여섯 번째 장치는 공의 RGB LED의 제어를 위한 MCU이다. 일곱 번째 장치는 공간의 MCU와 메인 MCU가 무선통신을 하기 위한 지그비 모듈이다. 여덟 번째 장치는 배터리이고, 아홉 번째 장치는 배터리를 지지하기 위한 지지대이다. 마지막 열 번째 장치는 RGB LED이다. RGB LED 공은 지지대를 제외하고 총 일곱 개의 전자장치들로 이루어져 있다. 양쪽 끝의 상부 덮개와 하부 덮개는 회전방식의 결합을 하게 되어있다. 이것은 배터리 수명의 한계 때문이다. 모든 배터리는 수명의 한계를 가지고 있기 때문에 일정 시간이 되면 배터리를 교체하여야 한다. 그리고 여러 전자 장치들에 이상이 발견되었을 때 또한 내부 전자 장치들의 수리와 교환을 위해 공의 모양은 분리가 되는 방법으로 제작되어야 한다. 상부 덮개의 경우 안쪽에 와이어를 연결하기 위한 고리모양의 지지대가 있고 덮개 의 중앙 부분에는 구멍이 있어 와이어가 공 안으로 삽입될 수 있다.



[Fig. 5] Structure of RGB LED ball

4.2 RGB LED의 색상 제어방법과 MCU와의 통신 방법

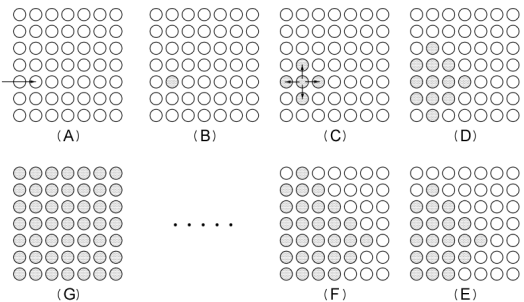
메인 MCU는 RGB LED 공을 선택하고, 컬러를 지정하며, 이웃하는 RGB LED 공이 컬러를 변경하도록 지시할 수 있다. 메인 RGB LED 공은 입력 신호에 따라 컬러 제어 신호를 생성한다. 즉, 메인 MCU의 프로세스모듈은 통신모듈을 통해 입력 신호를 수신한다. 이때, 입력 신호는 제1 RGB LED 공을 지정한 것으로 가정한다. 그러면, 프로세스모듈은 입력 신호에 지정된 제1 RGB LED 공을 식별하고, 제1 RGB LED 공을 타겟으로 컬러 제어 신호를 생성한다. 생성된 컬러 제어 신호는 다음의 <Table 3>과 같은 형식에 따라 복수의 필드를 포함할 수 있다.

<Table 3> How to control signals for color control of the ball

Identifier	Color	Brightness	Spread flg	Delay time
(1, 4)	Red	10	1(ON)	800ms

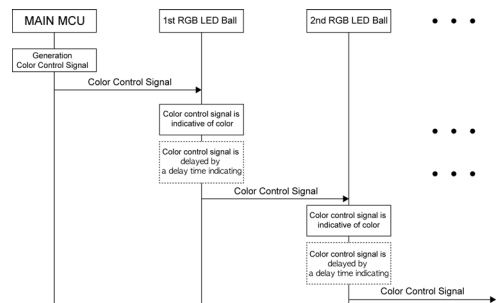
<Table 3>에 보는 것과 같이, 컬러 제어 신호는 식별자 필드, 컬러 필드, 밝기 필드, 확산 플래그 필드 및 지연 시간 필드를 포함할 수 있다. 식별자 필드에는 다수의 RGB LED 공 중 선택된 RGB LED 공을 다른 RGB LED 공과 구분하여 식별하기 위한 정보가 수납된다. 컬러 필드는 선택된 RGB LED 공이 발광하는 빛의 컬러를 지정하기 위한 정보를 가진다. 컬러를 지정하기 위한 정보는 RGB(Red-Green-Blue) 혹은 HSV(Hue Saturation Value)의 형식의 값이 될 수 있다. 밝기 필드는 발광하는 컬러의 밝기를 나타내는 정보가 수납된다. 확산 플래그 필드는 하나의 RGB LED 공이 다른 RGB LED 공으로 컬러 제어 신호를 전달하여 지정된 컬러가 확산되도록 하는 방식을 사용할지 여부를 지정하는 플래그가 수납된다. 지연 시간 필드는 확산 방식을 이용할 경우 지연 시간이 기술된다. 메인 RGB LED 공은 다수의 RGB LED 공 중 컬러 제어 신호를 제1 RGB LED 공으로 전송한다. 즉, 메인 MCU의 프로세스모듈은 통신모듈을 통해 컬러 제어 신호를 제1 RGB LED 공으로 전송한다. [Fig. 6]의 (A)에서 화살표가 지시하는 대상이 제1 RGB LED 공인 경우를 가정한다. 컬러 제어 신호를 수신한 제1 RGB LED 공은 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러 및 밝기에 따

라 발광한다. 즉, 제1 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 오브젝트통신부를 통해 컬러 제어 신호를 수신하면, 수신된 컬러 제어신호에서 컬러 필드 및 밝기 필드에 기술된 컬러 및 밝기를 확인한다.



[Fig. 6] Color signal transmission method

즉, 제1 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 오브젝트통신부를 통해 컬러 제어 신호를 수신하면, 수신된 컬러 제어 신호에서 컬러 필드 및 밝기 필드에 기술된 컬러 및 밝기를 확인한다. 그런 다음, 오브젝트제어부는 확인된 컬러 및 밝기에 따라 발광되도록 발광부를 제어한다. 이에 따라, RGB LED는 [Fig. 6] (B)에서 볼 수 있는 것 같이 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러 및 밝기에 따라 발광한다.



[Fig. 7] Color control signal flow

특히, 제1 RGB LED 공이 수신한 컬러 제어 신호는 <Table 3>에 보인 바와 같이, 확산 플래그 필드의 값이 1(ON)이며, 지연 시간 필드의 값이 800ms라고 가정한다. 이에 따라, 제1 RGB LED 공은 컬러 제어 신호가 지시하는 지연 시간 동안 지연한다. 즉, 제1 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 컬러 제어 필드의 확산 플래그 필드의

값이 1(ON)임을 확인하면, 지연 시간 필드의 값을 확인하고, 확인된 지연 시간 동안 (800ms) 지연한다.

이어서, 제1 RGB LED 공은 컬러 제어 신호를 이웃하는 RGB LED 공인 제2 RGB LED 공으로 전송한다. 즉, 제1 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 오브젝트통신부를 통해 컬러 제어 신호를 [Fig. 6]의 (C)에서 볼 수 있는 것 같이 이웃하는 제2 RGB LED 공으로 전송한다. (C)에서와 같이, 제2 RGB LED 공은 복수개가 될 수 있다. 컬러 제어 신호를 수신한 제2 RGB LED 공은 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러 및 밝기로 발광한다. 즉, 제2 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 오브젝트통신부를 통해 컬러 제어 신호를 수신하면, 수신된 컬러 제어 신호에서 컬러 필드에 기술된 컬러 및 밝기를 확인한다. 그런 다음, 제2 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 확인된 컬러 및 밝기로 발광하도록 제2 RGB LED 공의 발광부를 제어한다. 이에 따라, 제2 RGB LED 공의 RGB LED는 [Fig. 6]에 나타난 바와 같이 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러 및 밝기로 발광한다. 앞서 가정된 바와 같이, 컬러 제어 신호는 <Table 1>에 보인 바와 같이, 확산 플래그 필드의 값이 1(ON)이며, 지연 시간 필드의 값이 800ms이다. 이에 따라, 제2 RGB LED 공은 컬러 제어 신호가 지시하는 지연 시간 동안 지연한다. 즉, 제2 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 컬러 제어 필드의 확산 플래그 필드의 값이 1(ON)임을 확인하면, 지연 시간 필드의 값을 확인하고, 확인된 지연 시간 동안(800ms) 지연한다. 이어서, 제2 RGB LED 공은 컬러 제어 신호를 이웃하는 오브젝트로 전송한다. 즉, 제2 RGB LED 공의 오브젝트제어부는 오브젝트통신부를 통해 컬러 제어 신호를 이웃하는 오RGB LED 공으로 전송한다. 그러면, [Fig. 6]의 (D)에서와 같이 해당하는 RGB LED 공은 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러 및 밝기에 따라 발광할 것이다. 이와 같이, 제1 RGB LED 공으로부터 컬러 제어 신호가 이웃하는 RGB LED 공으로 전달되며, 복수의 RGB LED 공이 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러를 발광한다. 이에 따라, 컬러 제어 신호가 지시하는 컬러가 모든 RGB LED 공으로 확산된다. 즉, 컬러 제어 신호에 전달에 따라 [Fig. 6]의 (A) 내지 (G)에 예시된 바와 컬러가 모든 RGB LED 공으로 확산된다. 컬러 제어 신호는 다음의 <Table 4>와 같이 구성될 수 있다. <Table 4>에서와 같이, 확산 플래그 필드의 값은 0(OFF)이다. 이러한 경우, 오브젝트제어부는 컬러

제어 신호를 수신하면, 컬러 필드에 기술된 컬러 및 밝기 필드에 기술된 밝기로 RGB LED를 발광시킨다.

<Table 4> Configuration of the color control signal

Identifier	Color	Brightness	Spread flg	Delay time
(4, 4)	Blue	4	0(OFF)	blank

그런 다음, 오브젝트제어부는 확산 플래그 필드의 값이 0(OFF)임을 확인하고, 더 이상의 다른 동작을 수행하지 않는다. 이에 따라, 컬러의 확산은 발생되지 않는다. 이러한 예는 식별자를 통해 지정된 RGB LED 공만의 컬러를 변경하는 데에 사용될 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면 복수의 RGB LED 공 각각에 대해 컬러 및 밝기를 지정하여 발광하도록 할 수도 있다. <Table 4>를 참조로 하는 실시예에 대한 대안적인 실시예로 다음의 <Table 5>와 같은 형식의 컬러 제어 신호를 사용할 수 있다.

<Table 5> Configuration of the color control signal

Identifier	Color	Brightness	Bug check
(4, 4)	Blue	4	checksum

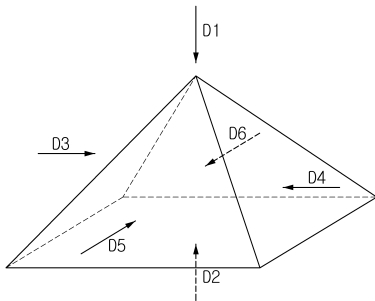
표<Table 5>에 따른 컬러 제어 신호는 기본적으로 식별자, 컬러 및 밝기 필드를 포함한다. 반면, <Table 5>에 따른 컬러 제어 신호는 확산 기법과 관련된 필드는 존재하지 않으며, 그 대신 전송 오류 확인을 위한 오류확인 필드를 더 포함한다. 메인 MCU는 이러한 <Table 5>에 따른 컬러 제어 신호를 통해 RGB LED 공 각각에 대해 컬러 및 밝기를 지정하여 발광하도록 할 수 있다

5. RGB LED 공을 이용한 3D 모델 제작 방법

5.1 공을 이용한 3D 모델제작

RGB LED 공들을 이용해 3D 모델을 형상화 할 때 메인 MCU의 신호를 받은 서브 MCU가 표현할 형상에 대한 정보를 입력신호를 통해 스텝퍼모터에게 보낸다. 이러한 입력 신호는 아래 [Fig. 8]에서와 같이 4각뿔의 3차

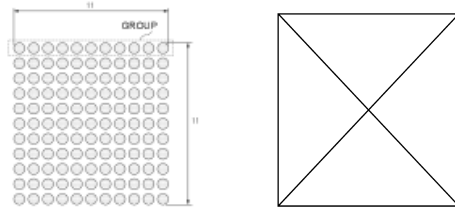
원 모델을 포함할 수 있다. 예를들어, 3차원 모델은 STL, CAD 등의 형식으로 이루어질 수 있다.



[Fig. 8] Included in the input signal 3D in the model

메인 MCU는 입력 신호를 수신하면, 메인 제어 신호를 생성한다. 이러한 메인 제어 신호 생성 방법에 대해서 보다 상세히 설명하면 다음과 같다. 메인 MCU의 프로세스모듈은 저장된 혹은 수신되는 입력 신호로부터 형상을 추출한다. 이러한 형상은 3차원 모델이 될 수 있다. 그런 다음, 프로세스모듈은 추출된 3차원 모델의 어느 하나의 방향을 기준 방향으로 선택한다. 복수의 오브젝트를 이용하여 3차원 모델을 표현할 때, 그 구조의 제약으로 인해 3차원 모델을 어느 하나의 방향에서 바라보았을 때의 외형만을 표현하는 것이 바람직하다. 따라서 3차원 모델을 다수의 RGB LED 공을 이용하여 표현하기 위해, 표현하고자 하는 어느 하나의 방향을 기준 방향으로 선택한다. 특히, 프로세스모듈은 추출된 3차원 모델의 다수의 방향에 대해 얼마만큼 표현이 복잡한가를 산출하고, 표현 복잡도가 가장 높은 방향을 기준 방향으로 선택할 수 있다. 예를 들어, 프로세스모듈은 [Fig. 8]에서와 같이, 상하 좌우전후 여섯 방향(D1, D2, D3, D4, D5, D6)에서 바라보았을 때, 표현 복잡도를 산출한다. 표현 복잡도는 3차원 모델을 어느 하나의 방향에서 바라본 외형을 다수의 RGB LED 공으로 표현할 때 그 것들의 상호간 위치의 차이가 가장 많을수록 복잡도가 올라간다. 즉, D2 방향에서 바라보았을 때, 평면을 표시하기 때문에 표현 복잡도는 가장 낮을 것이며, D3, D4, D5, D6의 방향에서 바라보았을 때, 경사진 한 면만을 표현하기 때문에 표현 복잡도는 모두 동일하다. 그리고 D1 방향에서 바라보았을 때, 표현 복잡도는 경사진 4개의 면을 표현해야하기 때문에

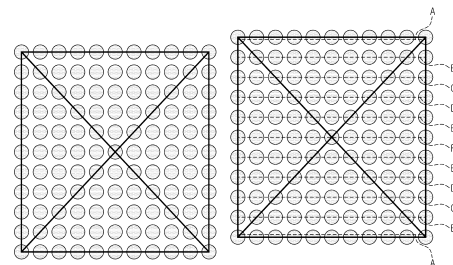
표현 복잡도는 가장 높다. 따라서 프로세스모듈은 D1 방향을 기준 방향으로 선택할 수 있다.



[Fig. 9] Top view of the 3D model

기준 방향이 선택되면, 프로세스모듈은 기준 방향으로 바라보았을 때 3차원 모델을 다수의 RGB LED 공을 이용하여 표현하기 위하여, 기준 방향에서 바라본 형상(3차원 모델)과 다수의 RGB LED공을 매핑시킨다. [Fig. 10]의 왼쪽 부분은 다수의 RGB LED 공을 상부에서 바라본 평면도이며, 오른쪽은 기준 방향에서 바라본 3차원 모델의 평면도이다. 또한, [Fig. 10]의 왼쪽은 기준 방향에서 바라본 3차원 모델과 복수의 RGB LED 공들을 매핑한 도면이다. 예를 들어 [Fig. 9]의 왼쪽에서 보는 것과 같이, 가로 세로 11 × 11 개의 RGB LED 공이 사용될 수 있다. 프로세스모듈은 다수의 RGB LED 공에 기준 방향에서 바라본 3차원 모델을 매핑시킨다. 이때, 다수의 RGB LED 공 혹은 3차원 모델의 스케일이 조절될 수 있다. 매핑된 결과는 [Fig. 10]의 왼쪽과 같다.

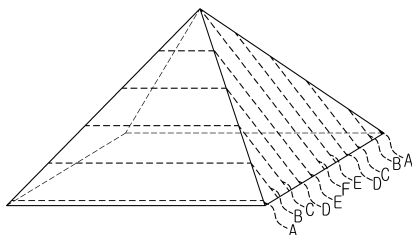
프로세스모듈은 RGB LED 공 그룹의 배열에 따라 형상(3차원 모델)을 다수개로 구분할 수 있다. [Fig. 10]의 오른쪽은 기준 방향에서 바라본 3차원 모델이 매핑된 다수의 RGB LED 공을 표현한 그림이다.



[Fig. 10] 3D mapping of the RGB LED

[Fig. 11]에서 보는 것과 같이, 3차원 모델은 RGB LED 공 그룹의 형상에 따라 다수개로 구분된 상태이다.

따라서 프로세스모듈은 [Fig. 12]와 같이, 구분된 3차원 모델 각각에 따라 각 RGB LED 공 그룹의 형상(A, B, C, D, E, D, C, B, A)을 결정한다. 그러면, 프로세스모듈은 구분된 3차원 모델 각각에 따라 결정된 각 RGB LED 공 그룹의 형상을 포함하는 메인 제어 신호를 생성한다.



[Fig. 11] A group of multiple RGB LED ball shape

메인 제어 신호를 생성하면, 메인 MCU는 메인 제어 신호를 서브 MCU로 전송한다. 다시 말해서, 메인 MCU 프로세스모듈은 다수의 서브 MCU로 메인 제어 신호를 인터페이스모듈을 통해 전송한다. 이때, 메인 제어 신호는 각 서브 MCU에 따라 해당하는 형상을 포함한다. 즉, 메인 MCU의 프로세스모듈은 인터페이스모듈을 통해 특정 형상(예를들어, A, B, C, D, E 중 어느 하나)을 포함하는 메인 제어 신호를 해당 형상을 표현해야 하는 RGB LED그룹을 관장하는 서브 MCU로 전송한다. 메인 제어 신호를 수신한 서브 MCU는 서브 제어 신호를 생성한다. 서브 제어 신호가 생성되면, 서브 MCU는 서브 제어 신호를 각 스테퍼모터로 전송한다. 이때, 서브 제어 신호는 스테퍼모터에 대응하는 RGB LED 공의 위치를 와이어의 길이로 표현한 위치 정보가 포함된다. 즉, 다수의 서브 제어 신호는 각 스테퍼모터 별로 다른 위치 정보가 포함된다. 서브 제어 신호를 수신한 스테퍼모터는 서브 제어 신호에 포함된 위치 정보에 따라 대응하는 RGB LED공의 위치를 조절한다.

6. 결론

본 연구에서 저자는 서론에서 언급한 세가지 문제해결을 위한 방법을 제시하였다. 첫째 다수의 스테퍼모터 제어를 위해 MCU 사용의 트리구조를 통한 문제해결 방법을 제시하였고, 둘째 RGB LED 공의 사용을 위해 배터

리 사용과 편리한 배터리 충전을 위한 무선충전 시스템을 제안하였으며 셋째, RGB LED 공의 빛 제어를 위한 무선통신 방법을 연구하였다. 이러한 세가지 문제 해결을 통해 작품을 제작 할 수 있게 되었다.

REFERENCES

- [1] H. R. Kang, A Study on Plant Condition Monitoring Robot Design. Ph.D. dissertation, Kookmin University. 2012.
- [2] Tom Igoe, Making Things Talk 2nd Edition, O'REILLY. 2011.
- [3] Marshall McLuhan, Understanding Media, ComunicationBook, Inc. 2008.
- [4] Marshall McLuhan, The Medium is the Message, Gingko Press, Inc. 2001.
- [5] Victor Papanek, Desing for the Real World, Mijinsa, Inc. 2009.
- [6] Itzhak Bentov, A Brief tour of higher consciousness, Inner World, Co. 2000.
- [7] Serge Moscovici, Social Influence and Social Change, Puriwa Ipari Publishing, Co. 2010.
- [8] Kim Yung Yong, Interactive Meda and Playing, ComunicationBook, Inc. 2007.
- [9] Adrian McEwen·Hakim Cassimally, Designing the internet of things, John Wiley and Sons, Ltd., 2013.
- [10] Connecting Lab, IoT, Window of Future, Inc. 2014.
- [11] Tom Igoe, Making Things Talk, O'REILLY. 2007.
- [12] John-David Warren·Josh Adams·Harald Molle, Arduino Robotics, Apress 2011.
- [13] David Cook, Robot Building for Beginners, Apress. 2009.
- [14] Peter W Singer, Wired for War, Jian Press, Co. 2011.
- [15] Richard Buchanan, Design Research and the New Learning, Design Issue:Volume17. 2001.

강 희 라(Kang, Hee Ra)



- 2001년 2월 : 인하대학교 사범대학 미술교육학과(미술학사)
- 2005년 8월 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원(디자인학석사)
- 2012년 8월 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원(디자인학박사)
- 2007년 3월 ~ 2009년 2월 : 계원예술대학교 영상디자인과 전임교수
- 2015년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 시각정보디자인전공 계약 직강의교수
- 관심분야 : 디자인, 인터랙션
- E-Mail : whitishe@gmail.com