

이동형 3D 프린터를 위한 차량 설계

박준영* · 김하연* · 백승훈* · 김민석* · 이승대**

A Design of Vehicle for Mobile 3D Printer

Jun-Young Park* · Ha-Yeon Kim* · Seung-Hoon Baek* · Min-Seok Kim* · Seung-Dae Lee**

요약

본 논문에서는 아두이노를 기반으로 3D 프린터의 하단부에 차량을 설치하여 3D 프린터의 이동 공간을 확장할 수 있는 차량을 제어할 수 있도록 구현하였다. 차량의 전면부 바퀴에 스텝핑 모터를 장착하고 모터 드라이버를 사용하여 정밀 제어하였다. 그 결과 5cm와 25cm, 50cm 이동 시 평균 오차율이 각각 0.6%, 0.04%, 0.02%로 정밀한 거리를 제어할 수 있는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, based on Arduino, a vehicle is installed at the bottom of the 3D printer so that Arduino controls the vehicle that can expand the moving space. A stepping motor was mounted on the front wheel of the vehicle and precisely controlled using a motor driver. As a result, when moving 5cm, 25cm, and 50cm, the mean value of error rate was 0.6%, 0.04%, and 0.02%, respectively, to enable accurate distance control.

키워드

Arduino Uno, Bluetooth Module, Probe, Stepping Motor, Wheelbase
아두이노 우노, 블루투스 모듈, 스텝핑 모터, 탐침, 휠베이스

1. 서론

현대 사회에서는 빠르고 소형화된 전자 제품과 첨단 장비들이 실생활과 산업 현장에서 사용되면서 더욱 편리한 업무 환경과 스마트해진 실생활을 누릴 수 있게 되었다. 특히 정밀 기계 장비들의 종류와 수요가 늘어나면서 3D 프린터 역시 새로운 기계 산업 제품 중 하나로 주목을 받고 있다[1]. 3D 프린터는 단순히

시제품 생산을 목적으로 한 기술 개발이 주였으나, 최근에는 다양한 분야에서 적용되어 사용되고 있으며, 개인 사용자의 필요성에 맞춰 기능과 형태를 설계 및 제작하여 높은 만족도의 결과물을 얻게 되었다. 또한, 출력물의 크기 및 부피, 무게 등을 줄일 수 있어 최소한의 결과물만 출력되도록 할 수 있다. 이처럼 4차 산업혁명의 기술로서 각광받고 있는 3D 프린팅 관련 기술은 무궁무진한 변화를 이룰 새로운 동력으로 그

* 남서울대학교 전자공학과
(jypark9234@naver.com, hayeony816@naver.com,
tmdgns9793@naver.com, s_nap@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2022. 12. 07
• 수정완료일 : 2023. 01. 09
• 게재확정일 : 2023. 02. 17

• Received : Dec. 07, 2022, Revised : Jan. 09, 2023, Accepted : Feb. 17, 2023

• Corresponding Author : Seung-Dae Lee
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : seungdae@nsu.ac.kr

시장 규모가 매년 증가하고 있다[2-4].

이에 따라 세계적으로 3D 프린터 및 프린팅 요소 기술에 관한 관심과 기대가 높아지면서 3D 프린터 분야는 높은 정밀도의 제품을 제작하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 다양한 3D 프린터의 출시로 인해 보다 높은 정밀도를 갖는 출력물이 생성되기도 하나, 일반적으로는 형상이 만들어질 때 다양한 오차를 갖는다[5-6]. 게다가 크기가 정해진 3D 프린터는 결과물을 만들 수 있는 크기와 반경이 제한되어 있고, 고정되어 있으며 원하는 크기보다 더 큰 출력물을 만들고자 한다면 크기가 더 큰 3D 프린터를 구매해야 한다는 단점이 있다. 또한, 출시된 프린터들의 경우 최대 출력물의 크기가 크면 정밀도가 떨어지는 현상도 있다[7].

기존 3D 프린터는 이동하면서 출력물을 만들어내는 것이 불가능하기 때문에, 이는 비효율적이며 더 큰 3D 프린터를 구매할 경우 개발자가 가격의 부담을 느낄 수 있다. 최근에는 가격적인 측면을 보완하기 위한 방법으로 다중 3D 프린터의 관리를 위한 IoT 기술도 적용되고 있으며, 3D 프린터의 편의성 개선을 위해 해결책을 모색하는 추세이다[8-9].

본 논문에서는 기존 3D 프린터의 공간 제약에 대한 단점을 보완하기 위하여 3D 프린터의 하단부에 설치하기 위한 이동용 차량을 구현하고자 하였다. 출력물의 크기에 따라 3D 프린터의 가동 범위를 조절할 수 있는 이동용 차량은 X, Y 좌표계에서 이동하기 위하여 스텝핑 모터를 장착하고 아두이노 우노와 모터 드라이버를 이용하여 스텝핑 모터의 분주비에 따른 회전 각도를 제어하고자 하였다. 2장에서는 시스템의 구성 및 직선 및 곡선 이동이 가능한 하드웨어를 구현하고 정밀 제어를 위한 스텝핑 모터의 펄스에 따른 이동용 차량의 거리 오차 및 곡률 이동 실험을 3장에서 다루고 4장에서 결론을 맺었다.

II. 시스템 구성

2.1 시스템 구성도

이동용 시스템을 설계하기 위하여 시중에 출시된 레고 차량 키트와 스텝핑 모터, 블루투스 모듈, 아두이노 우노, CNC 모터 드라이버가 사용되었다. 스마트

폰에 설치된 어플과 차량의 블루투스 모듈로 차량이 시작점에서 출발하며 원하는 구역으로 이동한다. 차량의 바퀴에 스텝핑 모터를 부착하여 스텝핑 모터의 펄스 값을 설정하고, 원하는 위치로 이동할 수 있도록 제어하였다.

그리고 차량의 후면부에 탐침을 부착하여 정해진 점 안에 탐침의 오차범위를 측정하여 이동 거리에 따른 오차율을 확인할 수 있도록 하였다. 그림 1은 시스템 구성도를 나타낸다. 그림 1에서 보는 바와 같이 입력부는 블루투스 터미널을 사용하고 아두이노 우노 및 모터 드라이버를 통해 스텝핑 모터를 제어하였다.

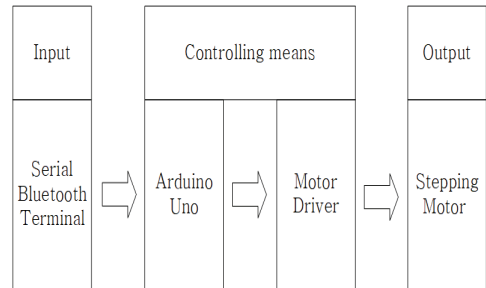


그림 1. 시스템 구성도

Fig. 1 System configuration chart

2.2 하드웨어 구성 및 제작

이동용 차량의 정밀도를 향상시키기 위해서는 구조적인 부분과 소프트웨어 부분 모두 고려하여야 하며 본 논문에서는 구조적인 부분을 개선하기 위하여 차량의 휠 베이스 길이를 짧게 제작하였다. 휠 베이스가 길면 회전 반경이 커지기 때문에 동작이 민첩하지 못하고 둔해져 이동시 오차값이 커지는 단점이 있으며 휠 베이스의 길이를 짧게 함으로써 앞바퀴와 뒷바퀴가 거의 동시에 꺾여 선회 성능이 향상되고 동작이 민첩해져 회전 시에 더욱 안정된 이동이 가능하다. 또한, 이동체의 뒷바퀴는 원활한 선회 능력을 보장하고 향상시키기 위하여 볼 캐스터로 구성하였다. 그리고 이동체의 중심부에는 모터에 부하를 최대한 적게 받게 하고, 무게중심을 유지하기 위해 아크릴을 사용하여 원하는 위치에 부품들을 고정하였다. 아크릴 판 위에는 아두이노 우노와 아두이노에 전원을 공급하기 위하여 9V 배터리를 설치하였다. 또한, 본 논문에서는 아두이노 우노로 개발환경을 구축하였으며, 제어부로 사용되었다. 아두이노는 다른 부품을 자유롭게 연

결할 수 있고 아두이노의 오픈 소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러로 완성된 보드와 관련 개발 도구 및 환경을 말한다. 아두이노는 입출력 핀이 기본으로 14개가 제공되며, 그 중 6개는 PWM 출력이 가능하여 본 논문에서는 PWM 핀에 DC 모터를 연결하여 속도 제어를 하였다[10].

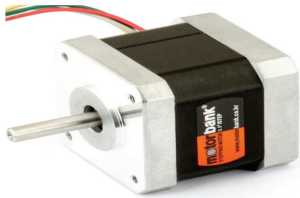


그림 2. 스텝핑 모터
Fig. 2 Stepping motor

그림 2는 본 논문에서 구현한 이동용 차량 앞바퀴에 부착한 스텝핑 모터이다. 스텝핑 모터는 펄스 신호를 입력할 때마다 일정한 각도로 회전하는 모터로서, 입력 펄스 수와 모터의 회전 각도가 완전히 비례하는 구동 방식을 가지고 있다. 본 논문에서 사용한 스텝핑 모터는 4선 바이폴라 방식으로 입력 전압은 24V, 전류는 0.5A이며 회전 각도는 펄스 당 0.9° 로 동작하는 모터이다.

이동용 차량의 제어를 위해 블루투스 4.0 모듈 CC2541을 사용하였으며 본 논문에서 사용한 블루투스 모듈은 다양한 기기와 통신이 가능하며 아두이노 우노와 연동이 가능하다. 총 6핀으로 구성되어 있으며 스마트폰에서 블루투스 연결 시 간단하게 연결이 가능하며, Node와 안드로이드 앱에서 원격으로 모니터링하는 방식을 사용한다[11].

2.3 곡률 반경

곡률은 원의 휘어진 정도를 뜻하며, 곡률 반경은 휘어진 거리의 반지름을 의미한다. 본 논문에서는 곡률 반경을 구하여 이동용 차량의 곡선 선회 시 정밀도를 확인하고자 하였다. 이 곡률 반경이 클수록 곡선은 직선에 가까워지고 곡률 반경이 작을수록 많이 휘어져 있음을 나타낸다.

그림 3에서 보는 바와 같이 휘어지는 곡물에 임의의 점 m_1 과 m_2 를 정하고 미소 거리를 ds 로 정의한다. 여기서 ρ 는 원의 반지름을 나타낸다. 점 m_1 과

점 m_2 의 x 좌표 거리를 dx 라 정의하고 두 점선을 그린 후 두 점선에서 수직이 되는 ρ 만큼의 거리에 있는 중점을 곡률의 중심점, $d\theta$ 를 각도의 변화량이라 정의한다. 점 m_1 과 점 m_2 의 점선 두 개와 곡률 중심점으로부터 사각형이 만들어지며 이 사각형의 내각의 합이 360° 임을 이용하여 두 점선 사이의 직사각형의 각도와 곡률 중심점에서의 각도의 변화량이 일치함을 확인할 수 있다.

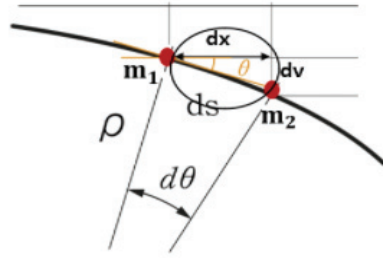


그림 3. 곡률 반경
Fig. 3 Radius of curvature

$$ds = \rho d\theta \quad (1)$$

$$\rho = \frac{ds}{d\theta} = \frac{dx}{d\theta} \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{ds}{d\theta} = \frac{dx}{d\theta} \quad (3)$$

여기서 식 (1)은 호의 길이 공식에 의해 성립되며, 식 (2)에서 $ds = dx$ 를 만족하는 이유는 그림 3에서 보는 바와 같이 미소 구간이 dx 이기 때문이다. 실제 ds 와 dx 의 길이 차이는 아주 작은 값이다. 따라서 곡률 반경은 식 (2)로 인해 곡률을 나타내는 식 (3)을 유도할 수 있다.

III. 실험 및 고찰

3.1 이동체의 방향 및 속도 제어

본 논문에서는 이동용 차량의 바퀴에 부착된 스텝핑 모터를 아두이노에 연결하고 블루투스 모듈을 이용하여 신호를 전송하며 전송된 신호는 스텝핑 모터를 회전시켜 원하는 위치로 이동할 수 있도록 구현하

였다. 차량 바퀴와 스테핑 모터가 직렬로 연결되어 모터의 회전 각도에 따라 차량 바퀴가 회전하고 직선 및 곡선 주행이 가능하도록 하였다. 또한, 바닥면은 바퀴와의 마찰을 높이기 위하여 하드보드지에 샌드 페이퍼를 덧대어 구성하였으며 측정자를 만들고 이동 거리를 측정하였다. 이동체의 이동 거리 오차를 측정하기 위하여 탐침을 이용하여 위치 측정점을 설정하였으며 이동체가 위치 측정점의 오차범위에 도달하는지를 확인하였다. 측정점의 오차범위는 측정점을 중심으로 여러 반경을 측정하여 확인하였다.

바퀴에 스테핑 모터를 부착한 후 모터를 회전시키기 위해 그림 4와 같은 함수 코드를 사용하였다. 그림 4는 블루투스 모듈을 활용하여 스마트폰으로 a, b, c, d 등의 버튼을 눌러 이동체의 방향을 조절한다. 또한 동일 코드를 사용하여 스테핑 모터의 방향 및 속도를 제어할 수 있도록 하였다. 블루투스 모듈은 마이크로 컨트롤러와 아두이노 등 기타 장치를 위한 회선 지향 터미널 어플인 ‘Serial Bluetooth Terminal’ 상용 프로그램을 사용하였고, 안드로이드 기기에 블루투스로 직렬 변환기가 연결된 직렬 및 UART 인터페이스를 갖추고 있다.

```
oid right()
{
    digitalWrite(enPin,LOW);
    digitalWrite(dirX,LOW);
    digitalWrite(dirZ,LOW);
    for(int x = 0; x < 200; x++)
    {
        digitalWrite(stepX,HIGH);
        delayMicroseconds(3000);
        digitalWrite(stepX,LOW);
        delayMicroseconds(3000);
        digitalWrite(stepZ,HIGH);
        delayMicroseconds(3000);
        digitalWrite(stepZ,LOW);
        delayMicroseconds(3000);
    }
    digitalWrite(enPin,HIGH);
}
```

그림 4. 스테핑 모터 방향 및 속도 제어 코드

Fig. 4 Code for controlling direction and speed of stepping motor

3.2 직선 주행 실험

본 논문에서 직접 제작한 샌드 페이퍼 판 위에 기준점을 이용하여 이동용 차량을 위치시키고 스테핑 모터를 이용하여 이동체가 직선 이동 시 원하는 거리를 이동할 때 얼마의 펄스가 입력되어야 하는지를 실험을 통하여 확인하였다. 제작한 샌드 페이퍼 판에 직선자를 프린팅하여 거리를 측정하였다. 표 1과 표 2, 표 3은 각각 5cm와 25cm, 50cm를 이동했을 때의 실험 데이터이다. 본 논문에서 구현한 이동체 바퀴의 지름은 6.7cm이며 스테핑 모터가 펄스당 0.9°를 회전하므로 한 바퀴를 회전시키기 위해서는 400 펄스를 입력하면 된다. 1 펄스 당 0.053cm 이동하므로 이론적으로는 50cm를 이동할 때 943~944 펄스를 입력해야 한다. 또한, 계산 결과 471 펄스를 입력하면 24.94cm를 이동하며 472 펄스일 때 25.02cm를 이동한다. 그러나 실제 실험 결과 482 펄스를 주었을 때 이동 거리가 평균 24.96cm로 25cm 이동거리와 0.16%의 오차를 보였으며 483 펄스를 입력하였을 때 평균 24.99cm로 25cm의 목표 이동거리와 오차가 0.01cm로 약 0.04%의 오차를 나타내었다. 표 1 ~ 표 3은 스테핑 모터에 입력하는 펄스의 수에 따른 이동거리를 10회씩 실험하여 평균한 데이터이다.

표 1에서 보는 바와 같이 이동체가 5cm를 직선 주행하기 위해서는 스테핑 모터에 입력되는 펄스가 96 펄스일 때 5.03cm로 오차가 가장 작았으며 표 2에서 보는 바와 같이 25cm의 경우 483 펄스에서 평균 이동 거리인 24.99cm, 표 3의 경우 50cm를 직선 주행하는 경우 965 펄스를 입력했을 때 50.01cm로 오차가 가장 작음을 확인할 수 있었다.

표 1 ~ 표 3의 실험 결과를 고찰한 결과 계산값과 실제 측정값 사이에 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며 이는 이동체가 실제 동작할 때 장착된 시스템 및 배터리 무게로 인하여 고무 바퀴의 실제 측정 지름과 차이가 발생하며 이동체 바퀴와 바닥재 간의 마찰 때문인 것으로 판단된다. 따라서 실제 이동체 위에 3D 프린터 시스템을 장착한 후 무게 변화에 따른 거리 오차는 입력 펄스의 수정을 통해 보완할 수 있을 것이다.

표 1. 펄스에 따른 측정값(5cm)

Table 1. Measurement of 5cm according to Pulse

Pulse	94	95	96	97	98
1 times	4.8	5	5	5.1	5.2
2	4.9	4.9	4.9	5.1	5.2
3	4.8	4.8	5.1	5.1	5.1
4	4.9	4.9	5.1	5	5
5	4.9	4.9	5	5	5.1
6	4.9	5	5.1	5	5.2
7	4.9	5	5	5.1	5.1
8	4.8	5	5	5.1	5.2
9	4.9	4.9	5	5.1	5.2
10	4.9	4.8	5.1	5.1	5.1
Average	4.87	4.92	5.03	5.07	5.14
Error Rate	2.6%	1.6%	0.6%	1.4%	2.8%

표 2. 펄스에 따른 측정값(25cm)

Table 2. Measurement of 25cm according to Pulse

Pulse	479	480	481	482	483
1 times	24.7	24.8	24.9	25	24.9
2	24.6	24.8	25	25	25
3	24.6	24.8	25	24.8	25
4	24.6	24.9	25	24.9	25
5	24.6	24.9	24.9	25	25
6	24.6	24.9	24.9	25	25
7	24.7	24.9	25	25	25.1
8	24.8	24.9	24.9	24.9	25
9	24.6	24.9	24.9	25	25
10	24.7	24.9	24.9	25	25.1
Average	24.65	24.87	24.94	24.96	24.99
Error Rate	1.4%	0.52%	0.24%	0.16%	0.04%

표 3. 펄스에 따른 측정값(50cm)

Table 3. Measurement of 50cm according to Pulse

Pulse	950	962	963	964	965
1 times	49.4	49.9	49.8	50	50
2	49.3	49.9	49.8	50	50.1
3	49.3	49.9	50	50	50
4	49.4	49.9	50	49.9	50
5	49.3	49.9	50	49.9	50
6	49.3	49.8	49.9	50	50.1
7	49.2	49.8	49.9	50	49.9
8	49.3	49.9	50	49.8	50
9	49.4	49.8	49.9	49.9	50
10	49.3	49.9	49.8	50	50
Average	49.32	49.87	49.92	49.95	50.01
Error Rate	1.36%	0.26%	0.16%	0.1%	0.02%

3.3 곡선 주행 실험

이동용 차량의 목표 주행을 위해 직선 주행 뿐만 아니라 곡선 주행이 필요하다. 직선 주행 실험에서 진행한 방법과 같은 방법으로 이동용 차량을 원하는 곳으로 이동하기 위하여 곡선 주행 실험을 진행하였다. 본 논문에서 구현한 이동용 차량의 휠 베이스 및 식(3)에서 보인 바와 같은 곡률 반경식을 이용하여 곡률 반경을 구하고 계산된 곡률 정보를 이용하여 이론값을 도출하였다. 도출된 곡률 반경값은 표 4에 나타내었다. 표 4에서 보는 바와 같이 곡선 주행 각도에 따른 차량의 이동거리 및 이에 따른 스테핑 모터의 펄스 값을 계산하였다. 초기 실험을 위해 각각 22.5°, 45° 및 90°의 회전율을 적용하였다. 곡선 주행의 경우 바닥면과 마찰계수가 직선 주행에 비해 커짐으로 정확한 각도를 회전하기 위해서는 많은 데이터가 필요하게 된다.

표 4. 곡률 반경 이론값

Table 4. Curvature Radius Theoretical Values

Angle	Distance	Pulse
22.5°	2.63cm	50
45°	5.26cm	99
90°	10.52cm	198

표 5. 곡률 반경 실험값

Table 5. Curvature Radius Experimental Values

# of pulse (22.5°)	49	50	51	52	53
Angle(mean)	20.8°	21.2°	21.7°	22.2°	22.9°
Error rate(%)	7.56	5.78	3.56	1.33	1.78
# of pulse (45°)	99	100	101	102	103
Angle(mean)	43.4°	44.1°	44.7°	45.4°	46.1°
Error rate(%)	3.56	2.0	0.67	0.89	2.44
# of pulse (90°)	198	205	206	207	208
Angle(mean)	84.4°	89.6°	90.3°	91.0°	92.0°
Error rate(%)	6.22	0.44	0.33	1.11	2.22

표 5는 이론값을 바탕으로 곡률 반경에 대한 실험을 진행한 데이터이다. 표 5에서 22.5°를 회전하는 경우 이론값은 50 펄스였으나 실제 실험 결과 52 펄스일 때 가장 오차율이 적음을 확인할 수 있다. 45°와 90° 회전의 경우에도 각각 101 펄스와 206 펄스를 입

력하였을 때 가장 적은 오차율을 확인하였다. 표 6, 표 7 및 표 8은 실험으로 도출한 펄스 수를 바탕으로 실험한 데이터이다. 이론적으로는 45°를 회전하기 위해서는 99 펄스를 주어야 하나 실제 99 펄스를 주었을 때 오차값은 3.56%가 나왔으며, 실험 결과 101 펄스를 입력하였을 때 오차값이 0.67%로 가장 작은 오차를 확인하였다. 각 이동 각도 별 측정값과 이론값 간에는 오차가 발생함을 알 수 있으며 90° 회전의 경우에 비해 22.5°의 오차율이 크다는 것을 알 수 있다. 이는 이동체 차량이 직선 주행을 끝내고 곡선 주행을 시작할 때 모터의 시동 토크 영향으로 오차가 많이 발생하는 것이며 45°와 90°의 회전의 경우에는 시동 토크의 영향이 초기 회전값에 비해 나머지 회전 주행값에 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 판단된다.

표 6. 22.5° 회전 오차율
Table 6. Rotation Error Rate at 22.5°

Times	Angle	Error Rate
1	22°	0.89%
2	21°	5.33%
3	22°	0.89%
4	23°	3.56%
5	22°	0.89%
6	22°	0.89%
7	22°	0.89%
8	23°	3.56%
9	22°	0.89%
10	23°	3.56%
Average	22.2°	2.135%

표 7. 45° 회전 오차율
Table 7. Rotation Error Rate at 45°

Times	Angle	Error Rate
1	45°	0.67%
2	44°	1.56%
3	45°	0.67%
4	44°	1.56%
5	44°	1.56%
6	45°	0.67%
7	46°	2.89%
8	45°	0.67%
9	45°	0.67%
10	44°	1.56%
Average	44.7°	1.248%

표 8. 90° 회전 오차율
Table 8. Rotation Error Rate at 90°

Times	Angle	Error Rate
1	90°	0.33%
2	89°	1.44%
3	90°	0.33%
4	90°	0.33%
5	91°	0.78%
6	91°	0.78%
7	90°	0.33%
8	89°	1.44%
9	91°	0.78%
10	92°	1.89%
Average	90.3°	0.843%

표 6에서 보는 바와 같이 이동체가 22.5°를 회전하기 위해서는 52 펄스를 입력해야 하며 이때 실험 평균값은 22.2°로 2.13%의 오차율을 보였으며 45°를 회전하기 위해서는 101 펄스를 입력했을 때 평균 44.7°를 회전하여 1.24%의 오차율을 보였다. 또한, 90°를 회전하기 위해서는 실험 결과 206 펄스를 입력했을 때 90.3°로 오차값이 가장 적음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 3D 프린터 출력 공간의 물리적 제약으로 인한 단점을 보완하기 위하여 프린터의 하단부에 정밀 제어가 가능한 이동용 차량을 설계 및 구현하고자 하였다. 출력물의 크기에 따라 3D 프린터의 가동 범위를 조절할 수 있도록 이동용 차량 바퀴에 스테핑 모터를 부착하고 아두이노 우노와 모터 드라이버를 이용하여 스테핑 모터에 펄스값을 입력하여 차량의 속도 및 방향을 제어할 수 있도록 하였다. 이동체의 정밀한 직선 주행 및 곡선 주행을 위해 스테핑 모터의 펄스값을 도출하였으며 최대 직선 주行的 경우 50cm를 주행하였을 때 0.02%의 오차율을 확인할 수 있었으며 곡선 주行的 경우 최대 90°를 회전하였을 때 회전 오차율이 약 0.8%로 정밀 제어가 가능함을 확인하였다. 도출된 실험 방법 및 데이터를 활용하면 3D 프린터의 동작 범위를 물리적 제약 없이 확장할 수 있는 시스템을 제작하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

향후, 본 논문에서 확인할 수 있었던 모터의 시동

토크값을 재설정하고 바닥면과의 마찰 계수를 고려한 바닥면 재질 및 차량의 바퀴를 구현한다면 좀 더 정밀한 제어가 가능할 것으로 판단된다. 또한, 실제 3D 프린터를 본 논문에서 제작한 이동체에 탑재하고 NC 코드의 확장성을 이용하여 프린터 뿐만 아니라 하단부의 이동체를 연동하여 제어할 수 있도록 한다면 3D 프린터의 비용적인 측면 및 확장성에서 유의미한 결과가 될 것이라 판단된다.

References

- [1] H. Jung and J. Kim, "Fabrication of Piezo-Driven Micropositioning Stage using 3D printer," *J. Korean Society for Precision Engineering*, vol. 31, no. 3, 2014, pp. 277-283.
- [2] D. Jang, H. Lee, and J. Oh, "Design of Individual 3D Printer Remote Safety and Quality Management System Based on IoT Beacon," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 2, Apr. 2020, pp. 225-230.
- [3] H. Kim, J. Kim, and S. Baek, "Design and Implementation of Motor-Based Rehabilitation Wearable Robot Hand System using 3D Printing," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 5, Oct. 2021, pp. 941-946.
- [4] S. Kim, E. Kim, H. Kim, J. Nam, S. Lee, and S. Baek, "A study on the Improvement of Convenience through Reduction of Printing Time and Material Consumption of 3D Printer," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 5, Oct. 2021, pp. 909-916.
- [5] H. Kim, "Experimental Study on Production Characteristics of Straight Bevel Gear using a Polyjet Method 3D Printer," *J. of the Korean society of Manufacturing Process Engineers*, vol. 14, no. 6, Dec. 2015, pp. 63-68.
- [6] C. Park, D. Kim, and E. Lee, "Standard Specimen Design, Fabrication and Precision Analysis for the Three Dimension Printer," In *Proc. of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers(KSMTE)*, Jeju, Korea, Oct. 2015, pp. 100.
- [7] Y. Kim, K. Kim, and C. Lee, "Accuracy Improvement of Output in Projection Stereolithography by Optimizing Projection Resolution," *J. of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, vol. 24, no. 6, 2015, pp. 710-717.
- [8] D. Jang, H. Lee, and J. Oh, "Design of IoT System for 3D Printer Multi-Management," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 15, no. 4, Aug. 2020, pp. 759-764.
- [9] S. Kim, E. Kim, H. Kim, J. Nam, S. Lee, and S. Baek, "A Study on the Improvement of Convenience through Reduction of Printing Time and Material Consumption of 3D Printer," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 5, Oct. 2021, pp. 909-916.
- [10] K. Huh, *Arduino who learns by Copying*. Seoul: Hanbit Academy, 2013.
- [11] H. Lim, S. Lee, S. Kim, and S. Choi, "Real-Time Power Quality Monitoring System using Bluetooth Module and Android App," In *Proc. of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Jeju, Korea, June 2012, pp. 1618-1621.

저자 소개

박준영(Jun-Young Park)



2015년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 재학

2023년 2월 남서울대학교 전자공학과
졸업예정(공학사)

※ 관심분야 : 디스플레이 공학, 전자회로

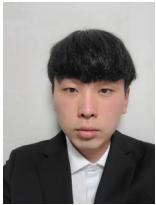


김하연(Ha-Yeon Kim)

2018년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 재학

2023년 2월 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정(공학사)

※ 관심분야 : 자동제어



백승훈(Seung-Hoon Baek)

2017년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 재학

2023년 2월 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정(공학사)

※ 관심분야 : 전자회로



김민석(Min-Seok Kim)

2016년 3월 ~ 현재 남서울대학교
전자공학과 재학

2023년 2월 남서울대학교 전자공학과
졸업 예정(공학사)

※ 관심분야 : 센서응용



이승대(Seung-Dae Lee)

1990년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 단국대학 대학원 전자공학과
졸업(공학석사)

1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 유무선통신시스템, 네트워크 보안