

# 다중의 단일포인트 라이다를 사용한 3D 스캐닝 구현

이선웅, 서영원, 서유진, 이기백, 이영섭  
 인천대학교 임베디드시스템공학과  
 e-mail : SWL@inu.ac.kr, dsyoung@inu.ac.kr,  
 yoojin0110@naver.com, lkb8061@naver.com, YSL@inu.ac.kr

## Implementation of 3D Scanning using Multiple Single-point Lidars

Sunwung Lee, Yeong-Won Seo, Yu-Jin Suh, Gi-Baek Lee, Young-Sup Lee  
 Dept. of Embedded Systems, Incheon National University

### 요 약

본 논문에서는 다중의 저가형 단일포인트 라이다와 모터를 결합하여, 고가형 3D 라이다와 유사한 스캐닝 결과를 얻을 수 있는 방법을 고안하였다. 즉, 본 연구에서는 하나의 라이다로 2D 평면을 스캐닝 했을 때의 한계를 보완하는 방법을 제시하고자, 단일포인트 라이다 3 개를 사용하여 3D 공간을 스캐닝 하는 시스템을 구현하였다.

### 1. 서론

최근 자율주행차 기술의 발전과 함께 라이다 (LiDAR, Light Detection And Ranging)에 대한 관심도 증가하고 있다[1-3]. 라이다는 일반적으로 높은 에너지 밀도와 짧은 주기를 가지는 펄스 신호를 생성할 수 있는 레이저의 장점을 활용하여 레이저가 물체에 반사되어 돌아오는 시간으로 물체까지 거리, 방향, 물질 및 농도 등을 감지할 수 있는 기술이다[1-3].

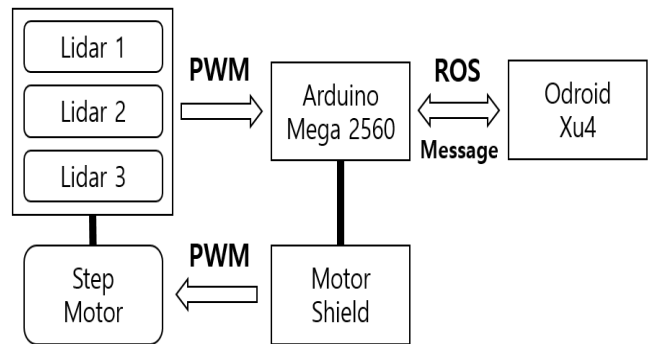
라이다는 대표적으로 고해상도의 지도를 만들거나 공간의 지형 지물을 점으로 스캐닝하는 등 주변 지리 정보 구현에 사용될 수 있다. 라이다의 이러한 기능은 항공기, 위성 등과 같은 분야에서 응용되어 사용되고 있다. 또한 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 구현의 핵심 장치로서, 로봇, 자율주행차, 화성탐사 로버 등과 같은 무인 차량에 사용되고 있다. 이 이외에 3D 영상 카메라의 핵심 기술로 활용되면서 그 활용성과 중요성이 점차 증가되고 있다[1].

이처럼 라이다는 다양한 분야의 정적 또는 동적인 환경에서 유용하게 사용될 수 있다. 하지만, 이는 아직 고가에 속하기 때문에 다양한 분야에 적용하기에는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 저가의 단일포인트 라이다 3 개를 스텝모터와 결합한 뒤, 이를 회전시켜 3-Layer의 스캐닝 데이터를 얻어낼 수 있도록 구현하였다. 이와 같은 구현은 기존의 3D 스캐닝 멀티채널 라이다의 가격과 비교할때 크게 저렴하고, 빠른 회전속도로 높은 샘플링 레이트의 스캐닝을 요구하지 않는 분야에서 효과적으로 활용될 수 있다[4].

### 2. 시스템 구성

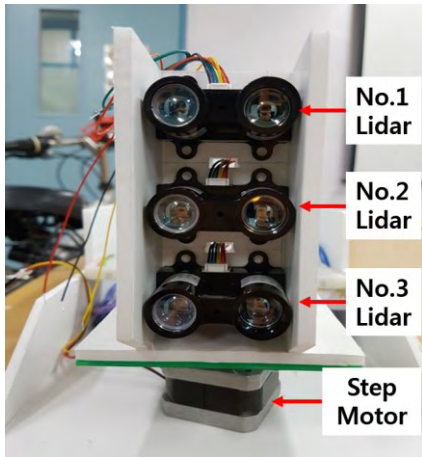
라이다와 모터, 측정된 데이터의 보드 간 통신과 제어 방향을 (그림 1)에서 볼 수 있다. 여기서 주 연산 장치는 Odroid Xu4 보드로 센서 데이터의 전처리 과정 및 알고리즘 연산이 실행된다. 단일포인트 라이다 3 개는 Arduino Mega 2560 의 PWM 핀과 연결되어 거리 값을 받아오며 스텝 모터는 동일 Arduino 에 모터 쉴드를 추가하여 PWM 값으로 속도를 제어한다.



(그림 1) 시스템 전체 개념도

라이다에서 측정된 데이터는, Linux 기반의 OS 인 ROS 를 사용하여 메시지 형식으로 Arduino 에서 Odroid 로 전송된다.

센서 측정부에서 단일포인트 라이다 3 개는 (그림 2)와 같이 수직으로 한 축에 위치하며 라이다가 위치하고 있는 높이는 실험을 통해 설정했다.



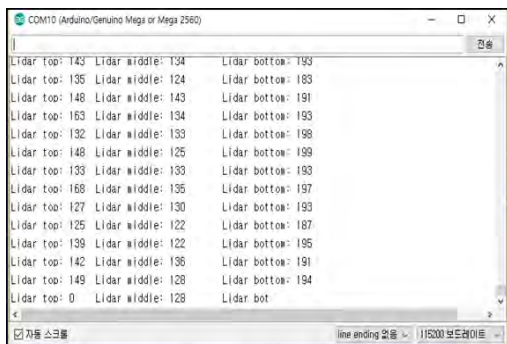
(그림 2) 라이다 모듈의 측정부

이렇게 설정한 3 개의 라이다들은 스텝 모터와 결합하여 같은 축에서 회전하며, 3-layer 라이다와 같은 역할을 할 수 있다.

### 3. 시스템 구현 및 실험

#### 3-1. 단일포인트 라이다

본 실험에서 사용한 단일포인트 라이다는 Sparkfun사의 저가형 LIDAR-Lite v3 모델로서, 최대 40[m], 500[Hz]로 단일포인트까지 거리를 측정한다[5]. 이 측정 데이터는 (그림 3)과 같이 [cm]단위의 단순한 거리 값 만을 가지고 있는데, 포인트로 2 차원 평면을 스캔하기 위해서는 거리 값뿐만 아니라 위상 값이 동시에 필요하다.



(그림 3) 3 개의 단일포인트 라이다 데이터 측정

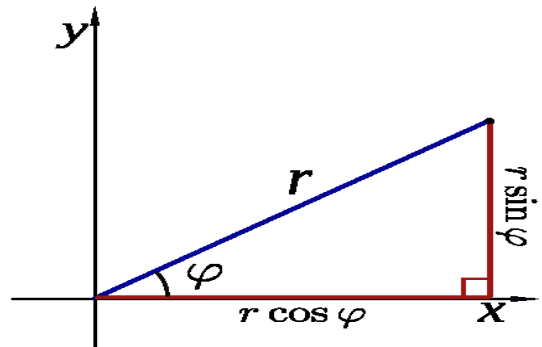
#### 3-2. 스텝모터와 극 좌표 생성

2 차원 평면을 포인트로 나타내기 위한 방법으로 스텝 모터를 사용하였는데, 스텝모터는 1 상 0.9 도로 회전하고, 따라서 90 도는 100 개로 샘플링된다. 이러한 스텝 모터의 특징을 바탕으로 상 변화 마다 위상 정보에 라이다의 거리 정보를 더하여 (거리, 위상)의 극 좌표를 구성한다.

#### 3-3. 좌표 변환 및 평면 좌표 생성

극 좌표계로 라이다의 출력 값들을 재구성한 다음, 데이터를 보다 간결하게 사용하기 위해 라이다를 원점으로 한 직교 좌표계로의 변환이 필요하다.

라이다의 측정거리가  $r$ 이고 각도가  $\varphi$ 이면  $(r, \varphi)$ 로 표현 가능하며, 이 좌표를 (그림 4)의 방법으로 회전 변환을 하여 라이다 모듈을 원점으로 하고 단위가 m 인  $(x, y)$ 로 직교 좌표계로의 변환이 가능하다[6].



(그림 4) 극 좌표계와 직교 좌표계

(그림 5)는 중앙선 좌측으로는 라이다의 거리 값과 스텝 모터의 위상 값을 합쳐 재구성한 극 좌표 값이다. 그리고 우측으로는 좌표 변환을 통해 얻은 직교 좌표 값이다.

distance = 1.010000	angle = 56.671875	(x = 0.843893, y = 0.554927)
distance = 1.013000	angle = 57.281250	(x = 0.852271, y = 0.547542)
distance = 1.014000	angle = 57.875000	(x = 0.858746, y = 0.539213)
distance = 1.014000	angle = 58.484375	(x = 0.864433, y = 0.530049)
distance = 1.020000	angle = 59.093750	(x = 0.875169, y = 0.523907)
distance = 1.021000	angle = 59.687500	(x = 0.881414, y = 0.515315)
distance = 1.023000	angle = 60.296875	(x = 0.888582, y = 0.506903)
distance = 1.026000	angle = 60.906250	(x = 0.896545, y = 0.498802)
distance = 1.029000	angle = 61.390625	(x = 0.903364, y = 0.492722)
distance = 1.029000	angle = 62.109375	(x = 0.909474, y = 0.481351)
distance = 1.998000	angle = 64.375000	(x = 1.801484, y = 0.864094)
distance = 1.994000	angle = 64.984375	(x = 1.806948, y = 0.843194)
distance = 1.984000	angle = 65.593750	(x = 1.806707, y = 0.819796)

(그림 5) 측정 데이터의 극 좌표와 직교 좌표

#### 3-4. 다중 레이어 라이다 교정

여러 개의 라이다에서의 출력 값을 1-Layer 좌표계로 표현할 경우, 각 라이다 포인트에 높이 값이 포함되어 있지 않은 평면 좌표들로 인해 가독성이 떨어지는 좌표들을 확인할 수 있었다.

이 경우 라이다 3 개가 수직으로 위치하므로, 기준 라이다로부터 각 라이다까지의 높이 값인  $z$  좌표까지 더해  $(x, y, z)$ 의 좌표를 완성한다.

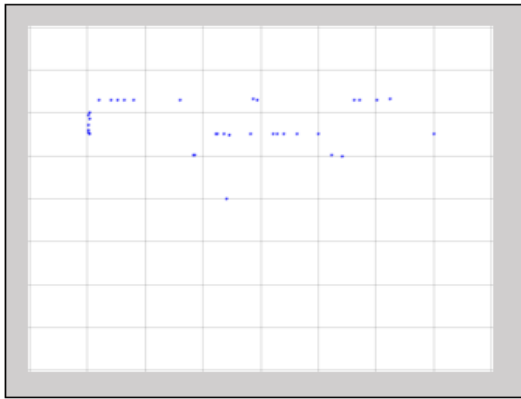
따라서 각각 3 개의 평면 데이터를 한 평면에 맞춰 조합함으로써, 라이다 모듈을 원점으로 하는 3-layer 평면을 구현해 낼 수 있다.

#### 4. 실험결과

실험에 앞서 본 논문에서 구현한 3-layer 라이다 모듈과 시중에서 많이 쓰이는 1-layer 라이다 Rplidar A2 제품을 비교하여 실험하였다.

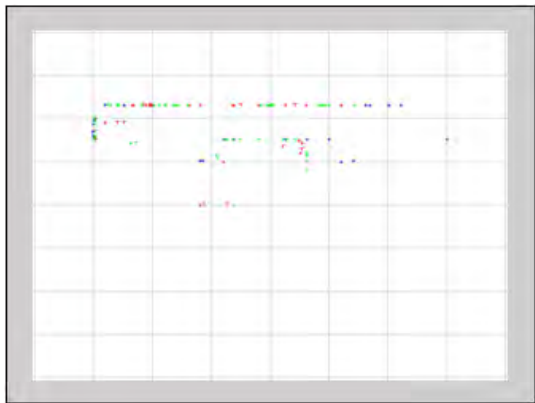
실험 방법으로는 라이다 후방 90° 내에서 라이다가 어떻게 스캔 되는 가를 바탕으로 두 비교군을 평가하였다.

(그림 6)은 1-layer 라이다(Rplidar A2)로 후방을 스캔한 포인트들이며, 라이다에 여러 물체들로 추측되는 점들이 보이는 화면이다. 이 때, 1-layer 라이다의 특성상 스캔한 높이와 같은 물체들만 인식되어 정확성이 떨어진다는 단점을 보였다.



(그림 6) 1-layer 라이다 후방 스캔

(그림 7)은 본 논문에서 제안한 3-layer 라이다 모듈로 후방을 스캔한 포인트들이며, 그 때 후방 물체들이 인식되는 화면이다.



(그림 7) 3-layer 라이다 모듈 후방 스캔

이 실험 결과는 1-layer 로 스캔했을 때와 달리 다양한 높이에서의 데이터를 얻을 수 있어 1-layer 라이다가 검출하지 못한 물체도 스캔한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 가운데 보이는 물체의 형상을 더 뚜렷하게 확인할 수 있는 장점도 보였다.

따라서 본 논문에서 구현한 라이다 모듈은 <표 1>에서 알아볼 수 있듯이 비교적 저렴한 가격에 높은 성능을 구현했다는 것을 확인할 수 있다.

<표 1> 기존 라이다들과 구현 라이다 모듈의 비교

제품명	스펙	가격대
Lidar Lite v3	Range : 0.05~40m Update rate : 500Hz One point	10만원 후반 대
Rplidar a2	Range : 0.15~8m Update rate : 10Hz 360 degree, 1-Layer Lidar	50만원 대
Our Lidar Module	Range : 0.05~40m Update rate : 50Hz 90 degree, 3-Layer Lidar	70만원 대
SICK LD-MRS	Range : 0.5~300m Update rate : up to 50Hz 85 degree, 4-Layer Lidar	1500만원 대

#### 5. 결론

라이다는 지리정보나 SLAM 을 구현하는데 아주 적합하고, 이러한 지리정보는 응용될 수 있는 분야가 다양하다. 그러나 라이다는 아직까지 고가에 속하는 장치이고, 때문에 특수한 분야를 제외하면 일반적으로 사용되는데 한계가 있다.

모터와 다중의 단일포인트 라이다를 적절한 형태로 결합하고 측정 주파수를 모터의 회전속도와 맞추면 고가형 라이다와 유사한 품질의 측정결과를 얻을 수 있었다.

이렇게 구현된 라이다는 일상적인 용도로도 사용될 수 있고, 높은 샘플링 레이트의 출력이 요구되지 않지만 비용때문에 라이다를 사용하지 못했던 분야에서 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] 김종덕, 권기규, 이수인, “라이다 센서 기술 동향 및 응용”, ETRI, Electronics and Telecommunications Trands, 2012
- [2] SICK. <https://www.sick.com/kr>
- [3] SLAMTEC. <https://www.slamtec.com/en/Lidar>
- [4] Chien-Chou Lin, Yan-Deng Liao, Wun-Jhih Luo, "Calibration method for extending single-layer LIDAR to multi-layer LIDAR", IEEE System Integration (SII), 2013
- [5] Sparkfun. <https://www.sparkfun.com/products/14032>
- [6] Wikipedia, Polar Coordinate System, [https://en.wikipedia.org/wiki/Polar\\_coordinate\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Polar_coordinate_system)