

TI MCU, DSP 및 Xilinx FPGA 프로그래밍 전문가 과정

Innova Lee(이상훈)
gcccompil3r@gmail.com

Lidar Signal Processing Design Doc

Lidar Specification

먼저 사용하려는 Lidar 의 스펙을 살펴보도록 한다.

아래는 사용하는 Lidar 의 데이터시트에서 발췌한 내용에 해당한다.

최대 사정 거리가 40 m 이며 정확도는 5 m 미만 구간에선 2.5 cm 의 오차를 가지고

5 m 이상의 구간에선 10 cm 정도의 오차가 발생하기 시작한다.

업데이트 비율은 결국 Target 으로부터 반사되어 돌아오는 신호를 의미하는데 270 Hz 에 해당한다.

Performance

Specification	Measurement
Range (70% reflective target)	40 m (131 ft)
Resolution	+/- 1 cm (0.4 in.)
Accuracy < 5 m	±2.5 cm (1 in.) typical*
Accuracy ≥ 5 m	±10 cm (3.9 in.) typical Mean ±1% of distance maximum Ripple ±1% of distance maximum
Update rate (70% Reflective Target)	270 Hz typical 650 Hz fast mode** >1000 Hz short range only
Repetition rate	~50 Hz default 500 Hz max

*Nonlinearity present below 1 m (39.4 in.)

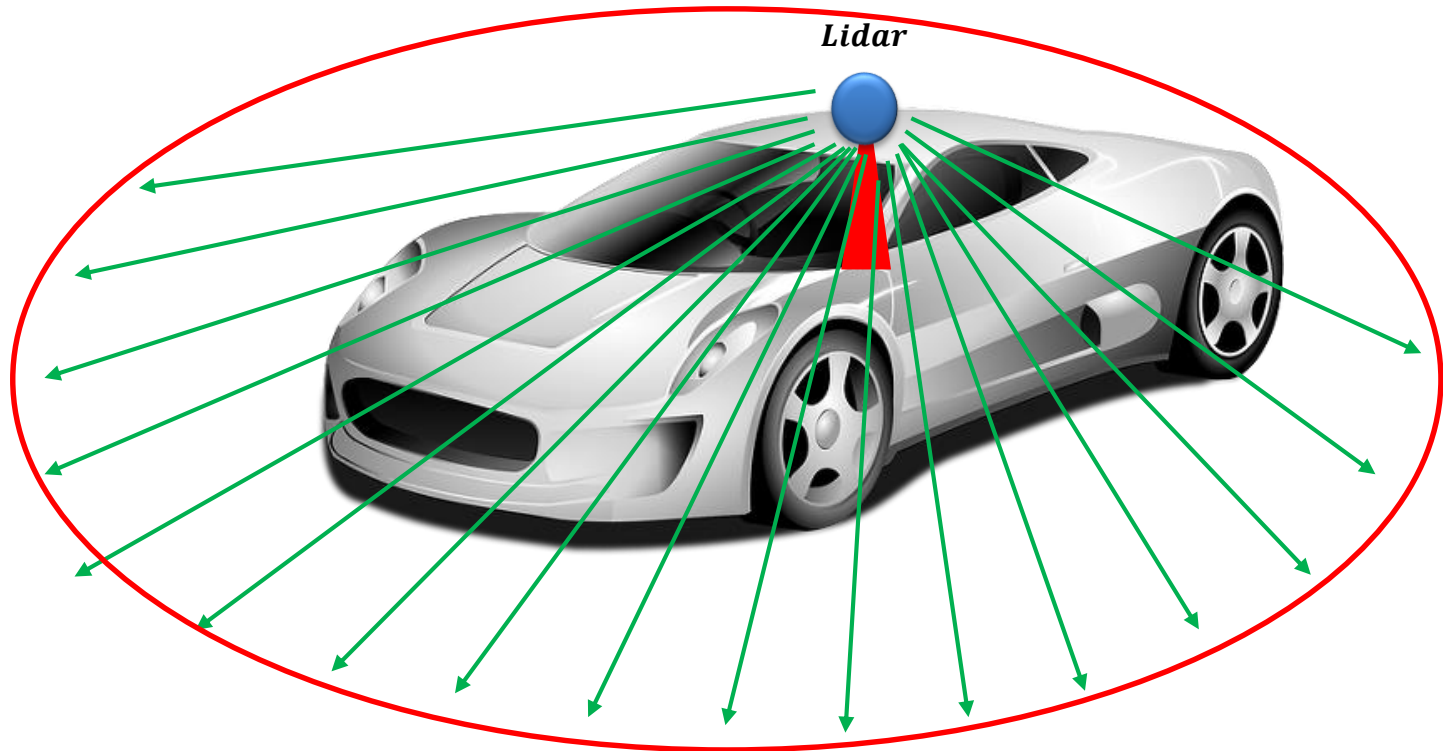
**Reduced sensitivity

차량과 Lidar 를 배치하여 범위에 대해 모델링 해보도록 한다.

Lidar 를 일정한 각도로 기울여서 그 주변을 계속 스캔하도록 만든다.

그렇게 되면 일정한 원 구간이 발생하게 되고 그 영역이 Lidar 의 스캔 영역이 된다.

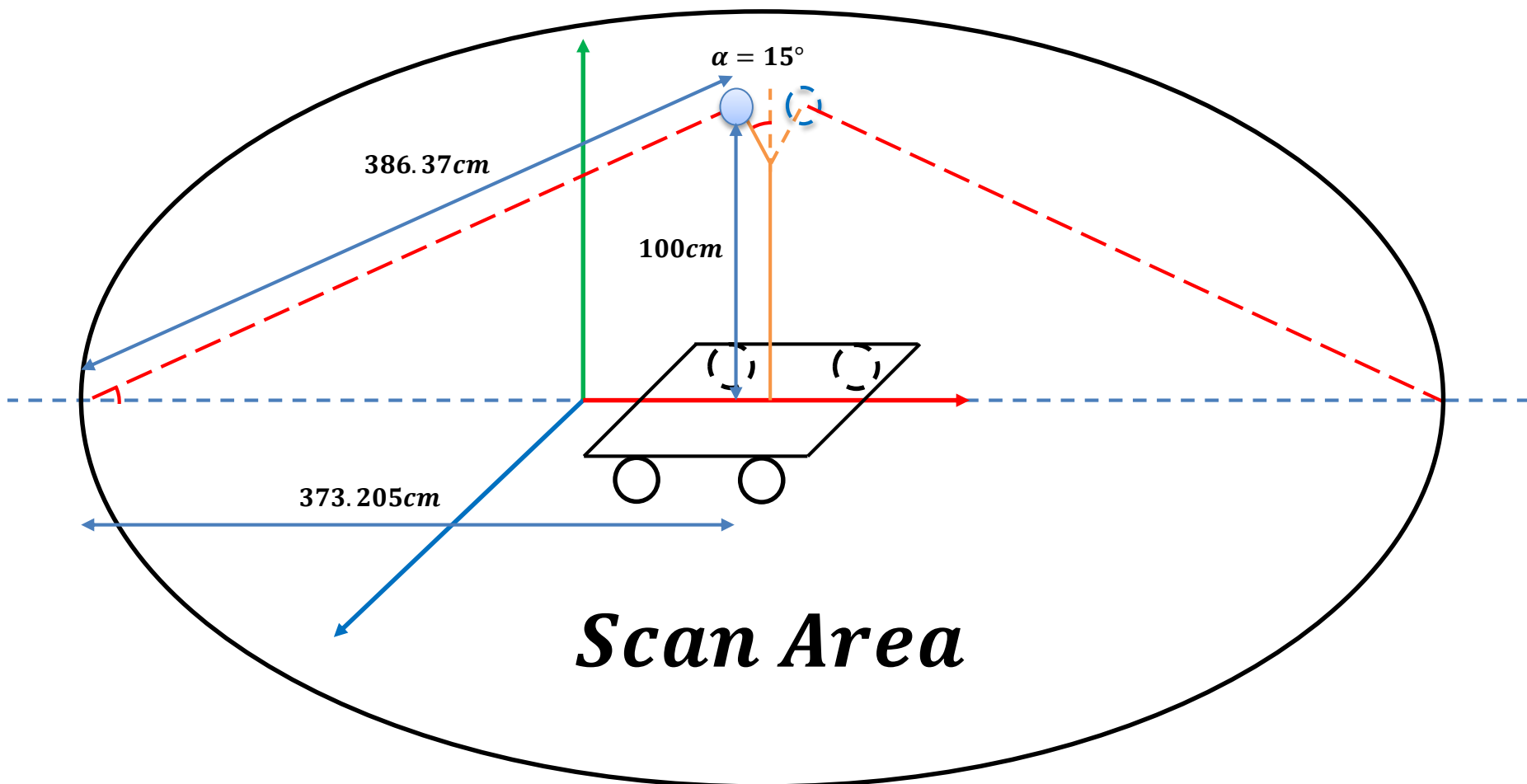
이 영역 내에 물체가 있는지 없는지를 판별하여 영상과 함께 차량을 제어하는데 활용 된다.



기하학적 해석을 수행하도록 한다.

$$386.37\text{cm} \times \sin(15) = 100\text{cm}$$

$$386.37\text{cm} \times \cos(15) = 373.205\text{cm}$$



Lidar Scan Speed Calculation

Lidar 가 얼마나 회전해야 하는지 파악해보도록 한다.

우선 필요한 스펙들을 짚욱 열거해본다.

$$h = 1m$$

$$r = 3.732m$$

$$v_{max} = 3m/s$$

$$Lidar\ Update\ Frequency = 270Hz$$

$$Lidar\ Update\ Period = \frac{1}{270} = 0.0037037037 \dots$$

$$x\ rad/s = \frac{x}{2\pi}\ rev/s = \frac{60}{2\pi} x\ RPM$$

이 상태에서 최소 조건을 걸어보자!

Lidar 의 스캔 각을 15 도라고 가정하고 해석을 진행해보도록 한다.

$$15^\circ : 1 = 360^\circ : x \Rightarrow 360 = 15x$$

$$\therefore x = 24$$

0.0037037037... 초 마다 15 도를 회전하니 0.0037037037 ... 에 24 를 곱하면 1 바퀴 회전하는데 걸리는 시간이다.

$$0.0888888 \dots == \frac{24}{270}$$

주파수 횡수만큼 반복되면 1 초가 되므로 위의 역수는 결국 초당 회전수가 된다.

$$\frac{270}{24} = 11.25\ rev/s = 70.68\ rad/s = 675\ RPM$$

Rotation of the Coordinate System

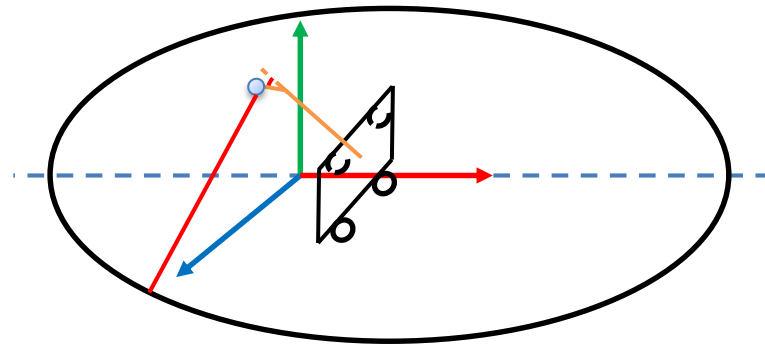
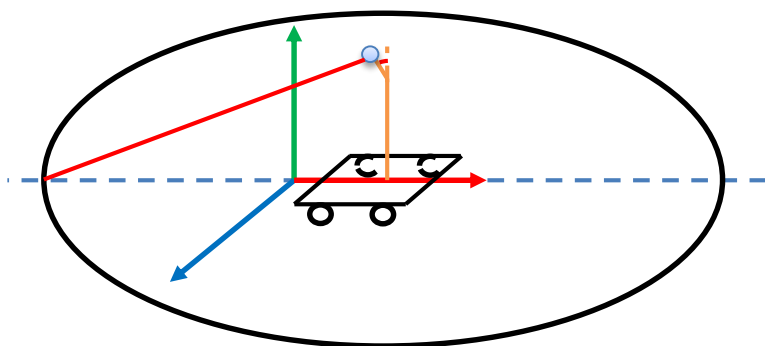
좌표계가 회전한다고 ?!

우리가 Lidar 를 제어함에 있어서 좌표축 자체의 회전에 대해 신경을 많이 써야 한다.

예로 좌측의 그림을 보면 현 시점에 Lidar 가 스캔하고 있는 영역은

1 사분면을 지나 2 사분면과 3 사분면의 경계선인 180 도 영역에 해당한다.

반면 차량 자체가 회전을 하게 될 경우를 고려해보도록 하자!



바로 우측 케이스에 해당하는데 차량이 90 도 회전해서 파랑색 축 방향을 향해 달려가고 있다.

모터는 계속 제자리에서 돌고 있었지만 차량 자체가 90 도 회전을 했기 때문에

모터의 좌표축 자체가 회전하게 된다는 뜻이다.

그렇기 때문에 틀어진 만큼 위상을 보정해줘야 한다.

좌측과 같은 상황이었다는 가정하에 차량이 90 도 틀었다면

Lidar 는 파랑색 축 방향 즉 270 도 를 스캔하고 있었을 것이다.

(만약 여기서도 180 도로 계산했다면 잘못된 정보를 가지고 연산을 하고 있으니 분명히 어딘가에 가서 박게 될 것이다)

Practical Application

실 세계에서 적용을 한다면 어떨까 ?

모터가 675 RPM 으로 돌고 있으니 차량이 회전하는 90 도의 속도보단 당연히 모터가 회전하는 속도가 훨씬 빠르다. 물론 그렇지 않다면 직선 주행도 똑바로 못하고 장애물에 처박을 것이다.

