

Robot Training - Projeto Ararajuba

Breno Pinheiro de Meneses
Gabriel Henrique Vasconcelos da Silva
Marina Oliveira Batista

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

30 de Junho de 2022

- **Utilizar e configurar dos sensores físicos**
 - Câmera
 - LiDAR
 - IMU
- **Utilizar e configurar o Jetson Nano**
- **Construir uma plataforma física para testes**

Intel RealSense D415

- Depth resolution: 1280×720
- Depth frame rate: 90 fps
- Depth (FOV): $65^\circ \times 40^\circ$
- RGB resolution: 1920×1080
- RGB (FOV): $69^\circ \times 42^\circ$
- RGB frame rate: 30 fps



Figura 1: Intel RealSense D415

Utilização da câmera com o ROS Noetic

- Pacote: realsense-ros
 - /camera/color/image_raw
 - /camera/depth/image_rect_raw
- Instalação feita na Jetson Nano
 - Links:** realsense-ros

Utilização da câmera com o ROS Noetic

- Teste com openCV

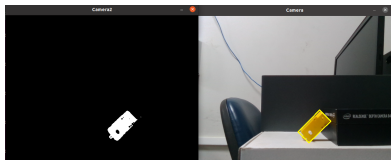


Figura 2: Realsense Image 1

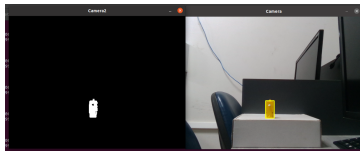


Figura 3: Realsense Image 2

Calibração da realsense - OpenCV

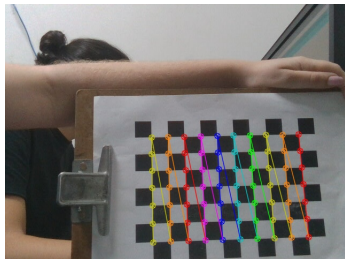


Figura 4: Resultado da calibração utilizando OpenCV

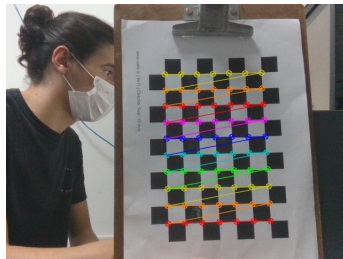


Figura 5: Resultado da calibração utilizando OpenCV

Intel RealSense Self-Calibration

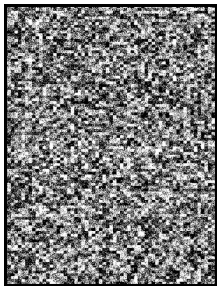


Figura 6: Textura para calibração da realsense e caracterização de qualidade de profundidade

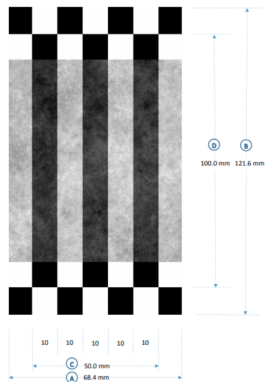


Figura 7: Imagem para Calibração da realsense

Neato XV LiDAR

- Motor DC
- Laser Distance Sensor(LDS)
 - Alcance: 10cm até 5m
 - Ângulo: 360°
 - Resolução: 1°



Figura 8: Neato XV LiDAR

Neato XV LiDAR

- Motor DC
 - Pinout: VCC e GND
 - Velocidade: 240 a 300 rpm
- Laser Distance Sensor(LDS)
 - Pinout: VCC, RX, TX e GND
 - Comunicação Serial 8N1 a 3.3V
 - Taxa de Transmissão: 115200 bps



Figura 9: Neato XV LiDAR

Motor do LiDAR

- Circuito de controle de velocidade
 - Controle PWM com Arduino
 - Controle em malha fechada
 - Controlador P ou PI

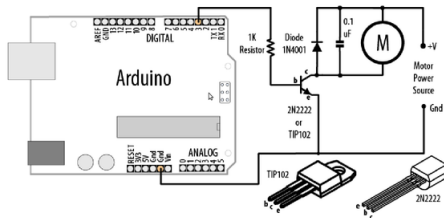


Figura 10: Circuito de controle de velocidade para o motor do LiDAR

Leitura do LiDAR

- Formato dos dados
 - **Firmware:** v2.4 ou V2.6
 - 90 pacotes por revolução
 - 22 Bytes por pacote
 - 4 leituras por pacote
- Comunicação com ROS
 - Driver Neato XV-11 Laser
 - Visualização no RVIZ

Link: [xv-11-laser-driver](#)

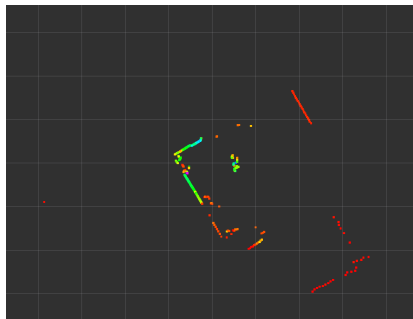


Figura 11: Visualização dos dados do Neator XV LiDAR no RVIZ

Pacote Rosserial

- Rosserial com Arduino
 - Nó Arduino
 - Limitação de buffer
 - Leituras do LiDAR
 - Teleop

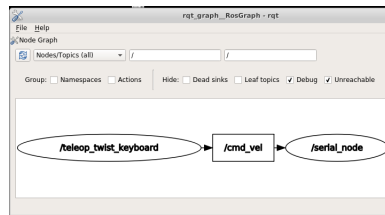


Figura 12: Nó Arduino com teleop no rqt

Sensor Tag - CC2650

- Conexão: Bluetooth low energy (BLE)
- 10 sensores inclusos
- IMU - unidades:
 - Accel: G
 - Gyro: $^{\circ}/s$
 - Mag: μT



Figura 13: Sensor Tag - CC2650

Cálculo das orientações

- As orientações podem ser obtidas por meio de uma integração numérica da velocidade angular fornecida pelo o giroscópio em relação ao tempo de amostragem.

Cálculo usando o giroscópio

$$\begin{pmatrix} pitch_{n+1} \\ roll_{n+1} \\ yaw_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} pitch_n^G + G_{cal}^X \Delta t \\ roll_n^G + G_{cal}^Y \Delta t \\ yaw_n^G + G_{cal}^Z \Delta t \end{pmatrix}$$

Link: Orientação Estimada

Resultados da Semana

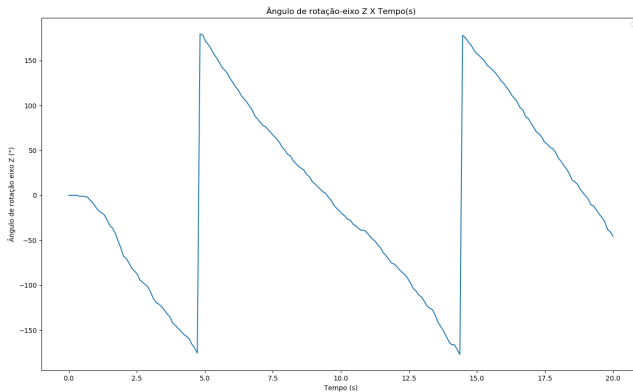
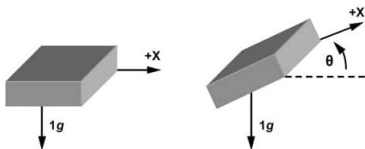


Figura 14: Cálculo do Yaw usando o giroscópio

Cálculo das orientações

- Por meio das leituras do sensor que condiz ao vetor gravidade, pode ser calculado o ângulo que o mesmo possui em torno do eixo x e y do sensor.



Link: [Orientação Estimada](#)

Cálculo das orientações

Cálculo usando o acelerômetro

$$pitch^A = \arctan \left(-\frac{A_{cal}^X}{\sqrt{(A_{cal}^Y)^2 + (A_{cal}^Z)^2}} \right) \frac{180}{\pi}$$

$$roll^A = \arctan \left(\frac{-A_{cal}^Y}{A_{cal}^Z} \right) \frac{180}{\pi}$$

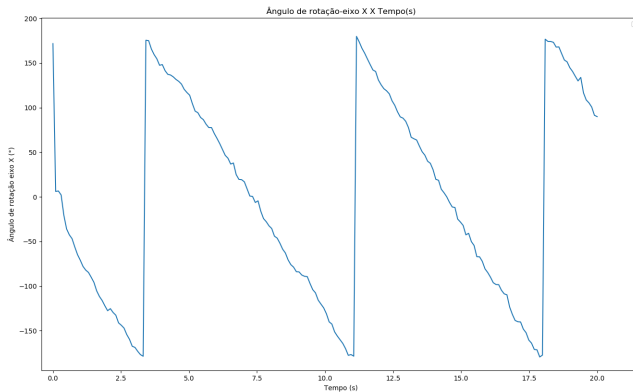


Figura 15: Cálculo do *Roll* usando o Acelerômetro

Cálculo das orientações

- O magnetômetro pode ser para o cálculo do Yaw as linhas de campo circundam o globo de forma tangencial, desta forma com a rotação paralela ao plano da terra ocorre a variação da intensidade do campo

Cálculo usando o acelerômetro

$$yaw = \arctan \left(\frac{M_{cal}^Y}{M_{cal}^X} \right)$$

Link: Orientação Estimada

Cálculo das orientações

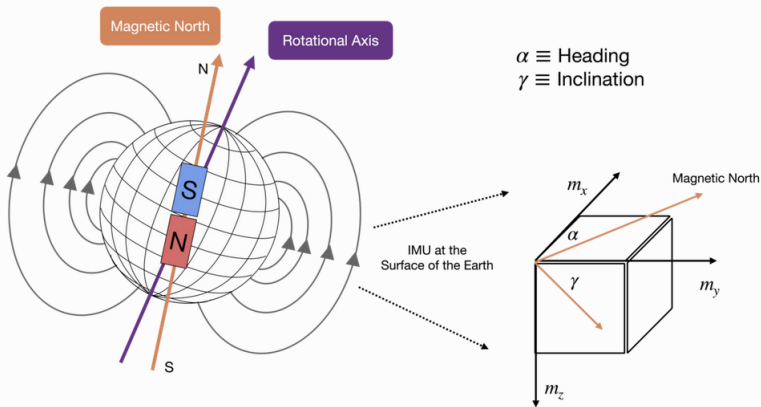


Figura 16: Como o ângulo Yaw é gerado por meio da intensidade do vetor campo na direção do pólo norte magnético

Cálculo das orientações

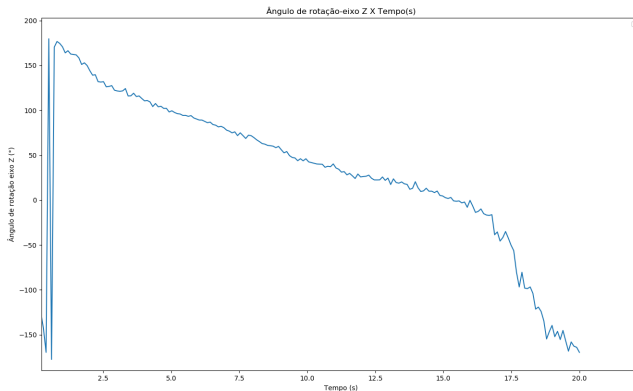


Figura 17: Cálculo do Yaw usando o magnetômetro

Calibração

- Acelerômetro e giroscópio
 - OffSet
- Magnetômetro
 - Hard-Iron: Devido a distribuição e inclinação magnética da região
 - Soft-Iron: Devido a materiais ferro magnéticos próximos ao sensor

Filtragem

- Filtro de Kalman

Link: Calibração Hard Iron e Soft Iron

Conf. de Hardware

- Fonte de bancada
- Cartão SD 32 GB
- Adaptador Wifi

Conf. de Software

- Ubuntu 20.04 LTS
- ROS Noetic
- OpenSSH



Figura 18: Jetson Nano

Construção de uma plataforma de Testes

- Protótipo semelhante a plataforma Ararajuba em desenvolvimento

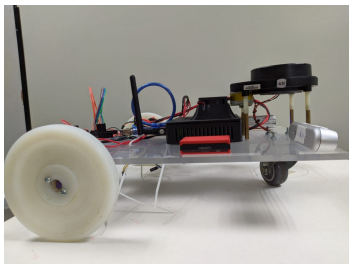


Figura 19: Protótipo

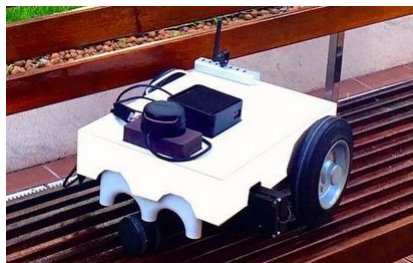


Figura 20: Plataforma Ararajuba

- Aplicação de um algoritmo de localização
- Observar o funcionamento interno do pacote `robot_ekf_pose` e realizar uma comparação dos resultados obtidos por ele e uma variação, o pacote `robot_localization`
- Observar o funcionamento interno da fusão de sensores feita pelo o pacote `laser_scan_matcher`

Cronograma

- Início da Semana 1: 12 de maio de 2022
- Final da Semana 9: 14 de julho de 2022

Etapas	Semanas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x								
2		x	x						
3			x	x	x				
4					x	x			
5						x	x		
6							x	x	x

Obrigado!

Breno Pinheiro de Meneses
Gabriel Henrique Vasconcelos da Silva
Marina Oliveira Batista

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI
Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

30 de Junho de 2022

`breno.meneses@ee.ufcg.edu.br`
`gabriel.vasconcelos@ee.ufcg.edu.br`
`marina.batista@ee.ufcg.edu.br`

