

Báo cáo giữa kì

Môn: Lập trình Robot với ROS

Sinh viên: Nguyễn Mạnh Cường – 22027501

Giảng viên hướng dẫn: TS. Lê Xuân Lực, KS. Dương Văn Tân

**Đề tài: Thiết kế, mô phỏng 4WD**

**với bánh Omni, 3 sensor (Lidar, Camera, GPS) và tay máy 2 bậc**

## I. Thiết kế

### 1. Thiết kế Solidword:

Ý tưởng: dạng omnidirectional car với khẩu pháo được đặt trên thân và các cảm biến hỗ trợ

Thân xe và cách bố trí bánh:

Omni 4 bánh thì có hai kiểu phổ biến đặt trực là:

+ Bánh vuông góc (song song) với trục



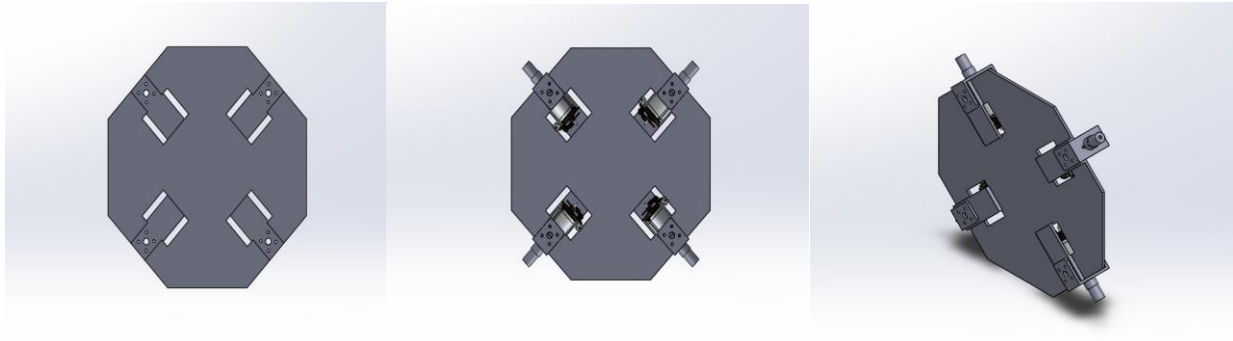
+ Bánh bố trí hình trục X lệch với các trục XY một góc nào đó



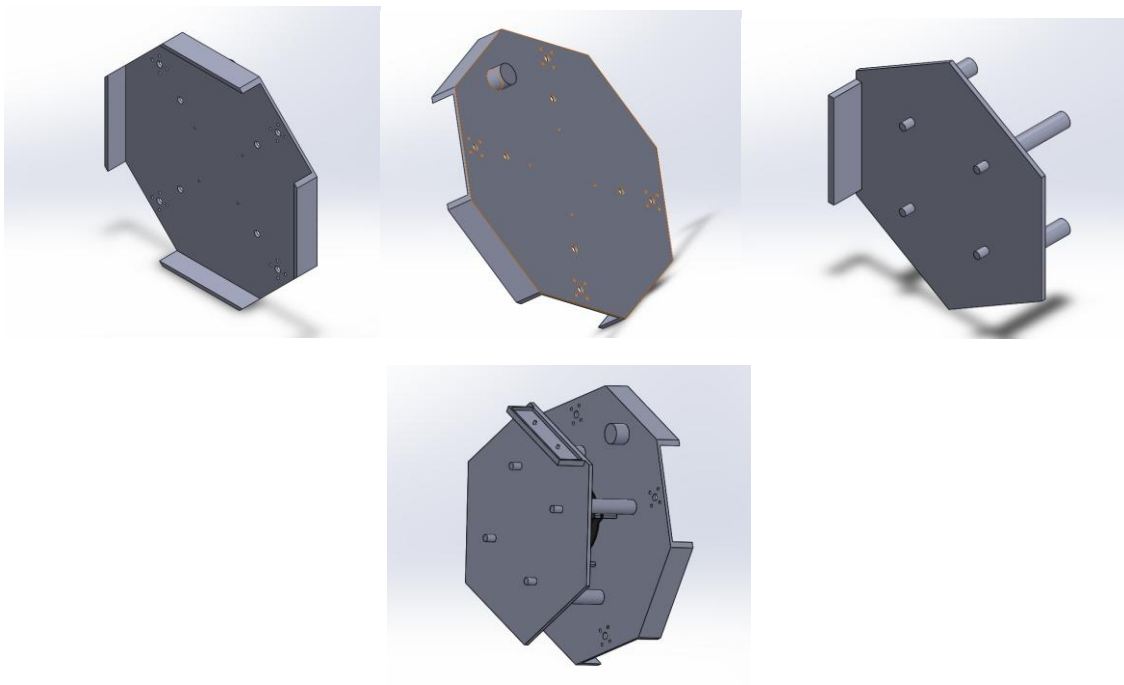
➔ Thiết kế của em theo kiểu 2: **Thân xe là hình vuông (25x25) các bánh được bố trí lệch với với trục gốc base 1 góc 45°.**

Hình ảnh các bánh vẽ về thân xe:

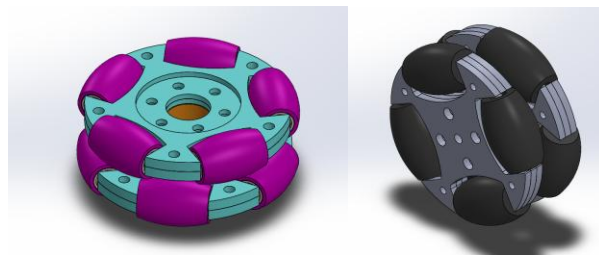
## Thân dưới và động cơ



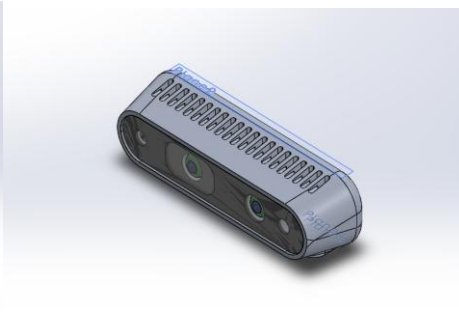
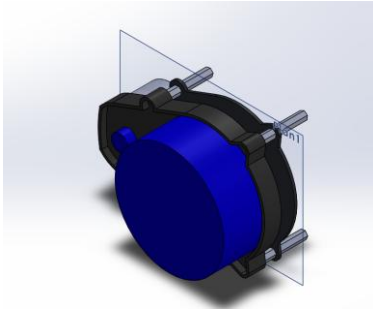
## Thân trên:



## Bánh omni và các cảm biến

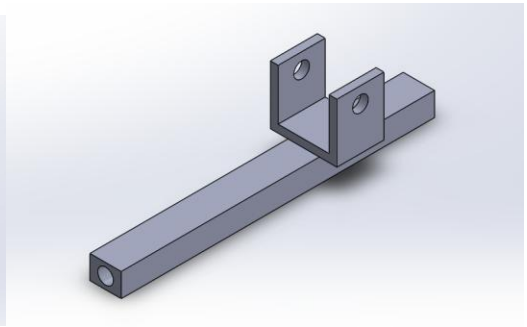
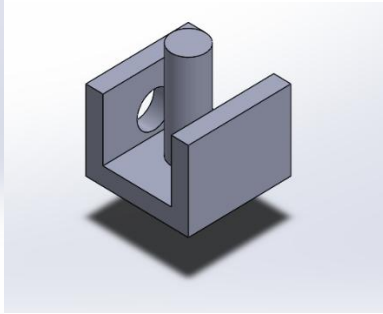
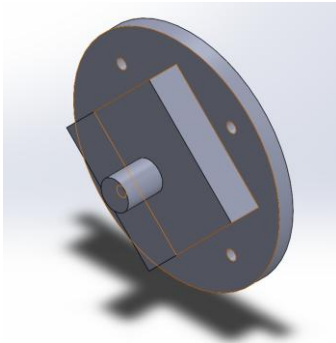


Kiểu 1 ban đầu tự thiết kế: do lúc đặt trục cho roller nhiều quá nên em chuyển qua bánh hai kiểu được tham khảo trên grabcad

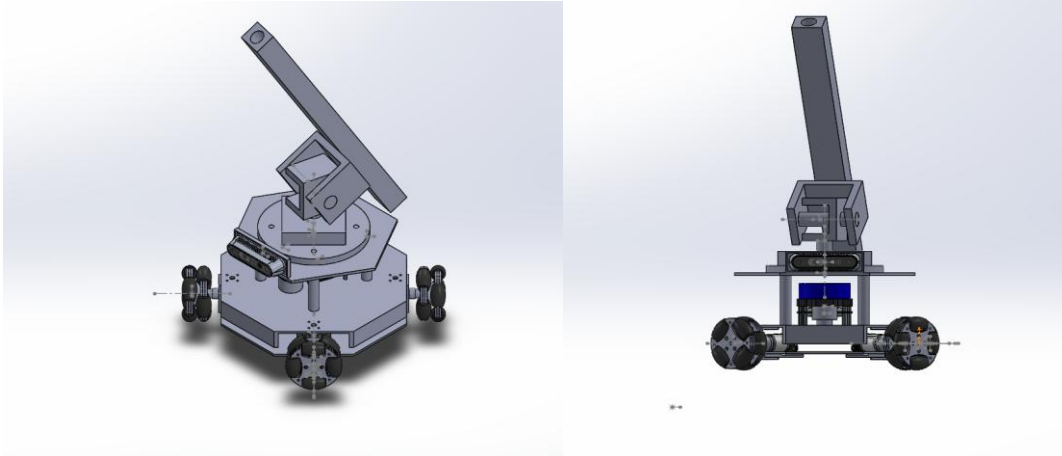


Các cảm biến lidar, camera và GPS em tham khảo trên grabcad

Pháo (Tay máy hai bậc) : Đế - link\_1 – link\_2

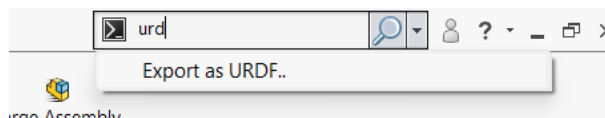


Mô hình hoàn thiện:

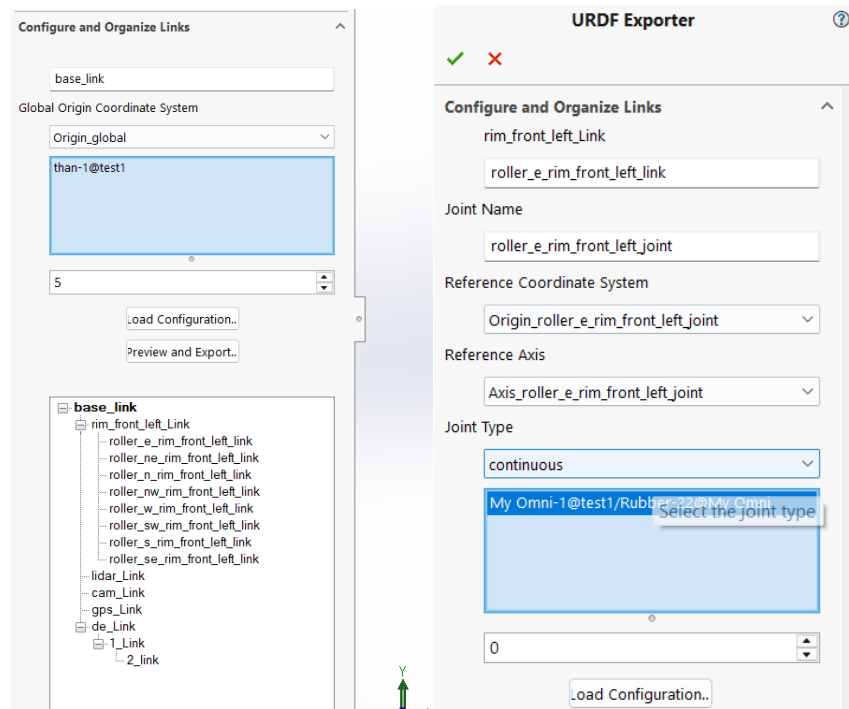


## 2. Cách đặt trục và xuất file urdf:

+ Add Export as URDF vào solidwork



+ Thiết lập cấu trúc cho file urdf: Parent-child, axis, loại joint

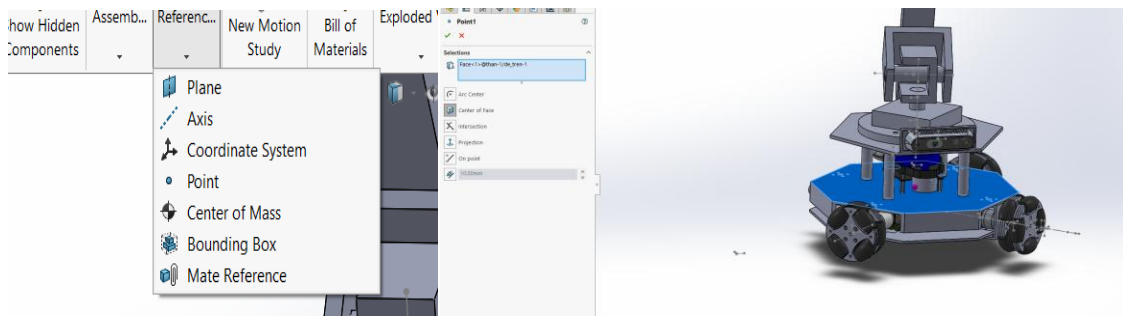


Lưu ý: khi assembly thì nên để riêng các thành phần ra các part để chọn cho dễ

Sau khi xong chọn: **Preview and Export**

+ Đặt lại trục đã gen tự động cho các thành phần:

+Tạo point để tham chiếu cho trục: Point thường là điểm chính giữa của part đó

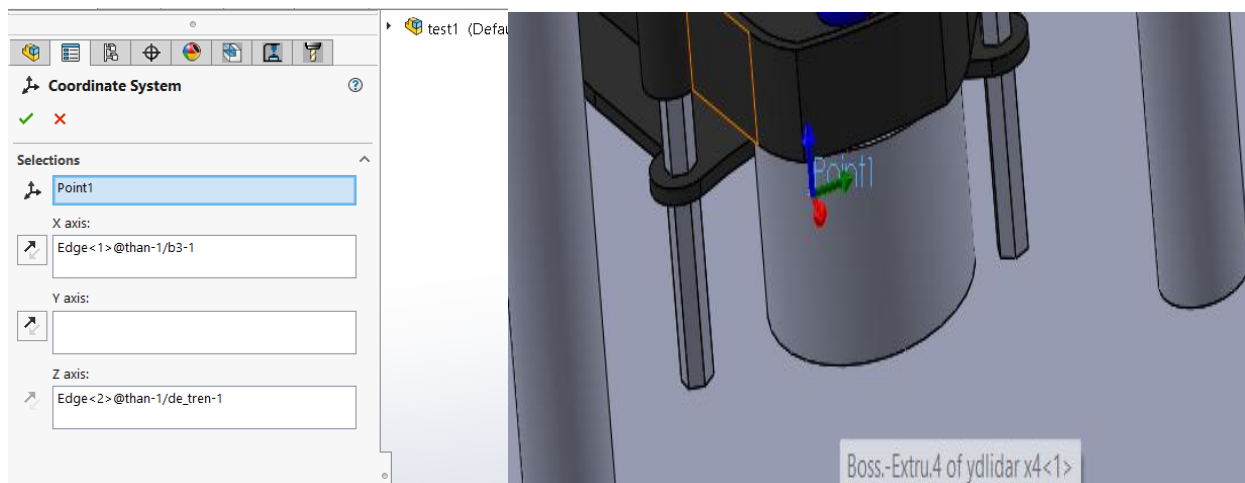


+Xét trục theo point và tham thiếu các trục

X-màu đỏ: là trục di chuyển

Y-màu xanh lá cây

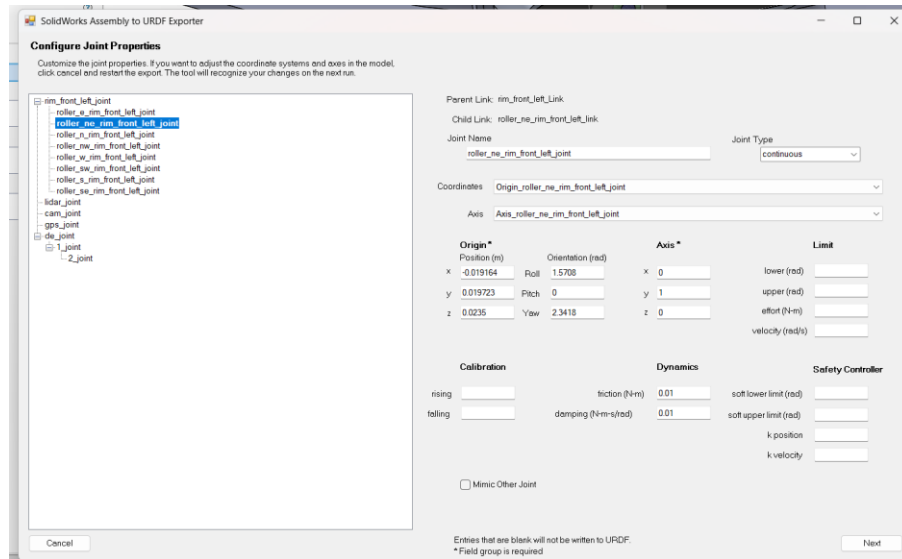
Z-màu xanh dương: trục quay



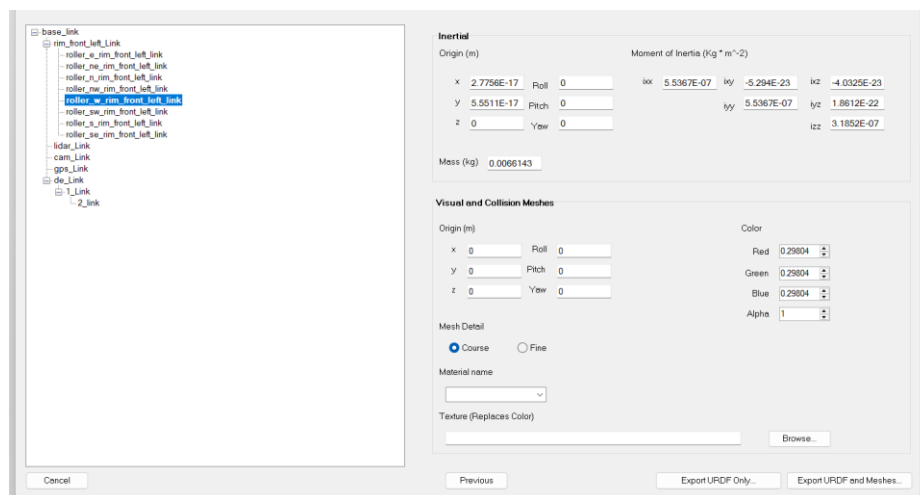
Sau khi xong hết các trục tiếp tục chuyển sang

Chỉnh các tham số:

Lưu ý ở đây là Axis\*: trục quay theo trục nào thì đặt trục đó là 1 → thường thì lần đầu xuất sẽ lỗi và nếu lỗi thì quay lại bước 1 vì solidwork cũng đã lưu các setup trước lên chỉ việc chỉnh Axis sao cho đúng.



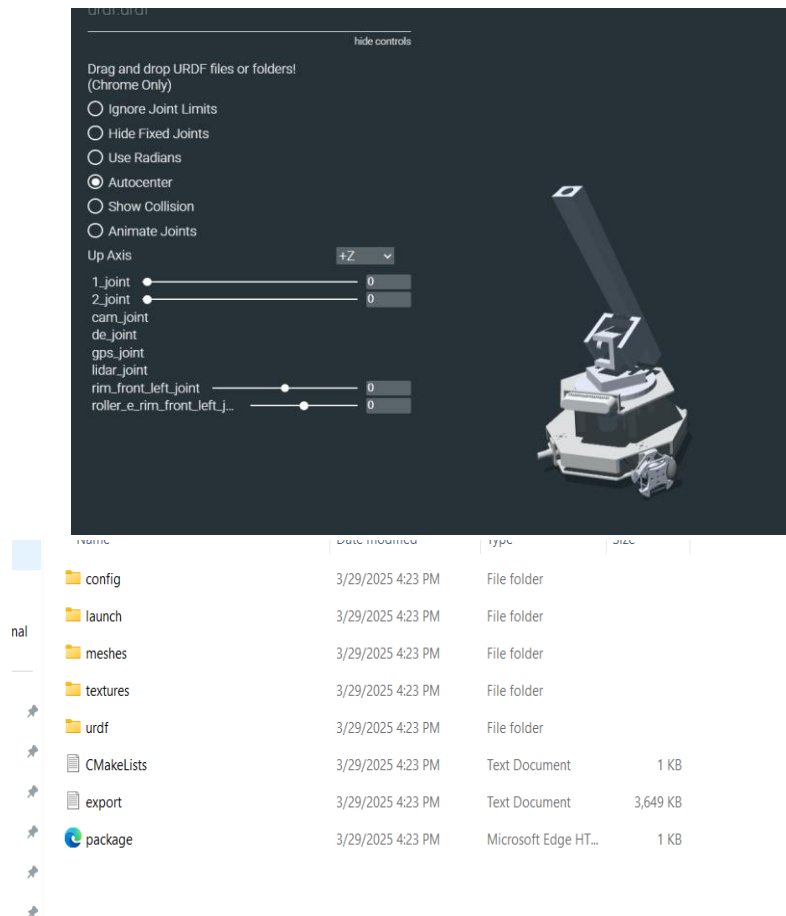
Sau khi xong tiếp Next → chỉnh các thông số và ma trận quán tính hoặc có thể để yên và bấm Export URDF and Meshes... để xuất file



Bước cuối cùng check file URDF bằng:

<https://gkjohnson.github.io/urdf-loaders/javascript/example/bundle/>

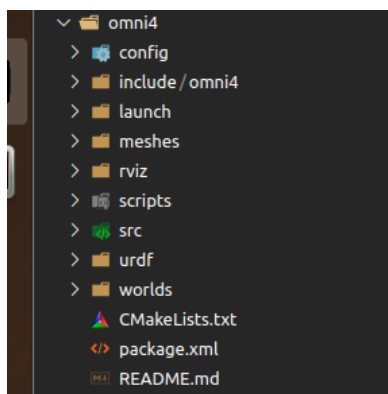
Kéo thả folder xuất ra được vào để check xem nếu lỗi qua lại chỉnh axis



Ở đây mô hình của em do các bánh đối xứng và roller giống nhau nên em chỉ chọn xuất 1 bánh 1 nguyên chỉnh rồi qua URDF thêm các bánh còn lại.

## II. Mô phỏng

### 1. Cấu trúc của package



- File config: File thiết lập các controller cho các joint active
- File launch: File chứa các chương trình chạy chính: display rviz, gazebo, main.

- File meshes: File chứa các file STL của model khi xuất sang URDF
- File rviz: Lưu lại config để mở lại sau khi đã setup trong rviz và gazebo
- File scripts: File code bằng python để control
- File urdf: chứa model và file xacro: chia file urdf nhỏ ra để dễ manage
- File worlds: File load map trong gazebo

## 2. Cấu trúc chính của file urdf

Giống như phân thiết lập để xuất urdf:

```
nmc2802@ubuntu: ~/project/ros/omni 93x50
liburdfdom-tools is already the newest version (1.0.4+ds-2).
liburdfdom-tools set to manually installed.
0 upgraded, 0 newly installed, 0 to remove and 58 not upgraded.
nmc2802@ubuntu: ~/project/ros/omni$ check_urdf $(rospack find omni4)/urdf/omni_urdf.urdf
robot name is: omni_4or
----- Successfully Parsed XML -----
root link: base_link has 8 child(ren)
child(1): cam_link
child(2): de_link
child(1): 1_link
child(1): 2_link
child(3): gps_link
child(4): lidar_link
child(5): rin_front_left_link
child(1): roller_e_rin_front_left_link
child(2): roller_n_rin_front_left_link
child(3): roller_ne_rin_front_left_link
child(4): roller_sw_rin_front_left_link
child(5): roller_s_rin_front_left_link
child(6): roller_se_rin_front_left_link
child(7): roller_w_rin_front_left_link
child(8): roller_w_rin_front_left_link
child(6): rin_front_right_link
child(1): roller_e_rin_front_right_link
child(2): roller_n_rin_front_right_link
child(3): roller_ne_rin_front_right_link
child(4): roller_sw_rin_front_right_link
child(5): roller_s_rin_front_right_link
child(6): roller_se_rin_front_right_link
child(7): roller_w_rin_front_right_link
child(8): roller_w_rin_front_right_link
child(7): rin_rear_left_link
child(1): roller_e_rin_rear_left_link
child(2): roller_n_rin_rear_left_link
child(3): roller_ne_rin_rear_left_link
child(4): roller_sw_rin_rear_left_link
child(5): roller_s_rin_rear_left_link
child(6): roller_se_rin_rear_left_link
child(7): roller_w_rin_rear_left_link
child(8): roller_w_rin_rear_left_link
child(8): rin_rear_right_link
child(1): roller_e_rin_rear_right_link
child(2): roller_n_rin_rear_right_link
child(3): roller_ne_rin_rear_right_link
child(4): roller_sw_rin_rear_right_link
child(5): roller_s_rin_rear_right_link
child(6): roller_se_rin_rear_right_link
child(7): roller_w_rin_rear_right_link
child(8): roller_w_rin_rear_right_link
nmc2802@ubuntu: ~/project/ros/omni$
```

Cấu trúc chung của 1 link:

Tên link-vị trí-so với gốc (base) – khối lượng – ma trận quán tính – path để import model.

```

30 <link
31   name="rin_front_left_link"
32   <inertial>
33     <origin
34       xyz="0 -1.11022302462510E-16 0.0138124409601066"
35       rpy="0 0 0" />
36     <mass
37       value="0.0458276800043001" />
38     <inertia
39       ixx="0.0001" ixy="0.0" iyz="0.0"
40       iyy="0.0001" iyz="0.0"
41       izz="0.0002" />
42   </inertial>
43   <visual>
44     <origin
45       xyz="0 0 0"
46       rpy="0 0 0" />
47     <geometry>
48       <mesh
49         filename="package://omni4/meshes/rin.STL" />
50     </geometry>
51   </visual>
52   <material>
53     <name""
54     <color
55       rgba="0.792150862745098 0.819607841137255 0.933333333333333 1" />
56   </material>
57   </visual>
58   <collision>
59     <origin
60       xyz="0 0 0"
61       rpy="0 0 0" />
62     <geometry>
63       <mesh
64         filename="package://omni4/meshes/rin.STL" />
65     </geometry>
66   </collision>
67 </link>

```

Tên link-vị trí-so với gốc (base) – khối lượng – ma trận quán tính – path để import model.



Cấu trúc của joint:

Tên – loại khớp – pose so với base – parent and child – trục quay và tham số động học

```
</link>
<joint
  name="rim_front_left_joint"
  type="continuous">
  <origin
    xyz="0.11977 0.12038 -0.0255"
    rpy="1.5708 0 -0.7854" />
  <parent
    link="base_link" />
  <child
    link="rim_front_left_link" />
  <axis
    xyz="0 0 1" />
  <physics
    damping="0.01"
    friction="0.01" />
</joint>
```

3. Chuyển sang file xacro:

Do 4 bánh có cấu trúc tương tự nhau khác nhau ở pose joint so với base → do các trục đối xứng ta có thể suy ra được pose

File: roller bánh đa hướng 8 cái → tạo 1 hàm macro để tái sử dụng code

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <robot xmlns:xacro="http://www.ros.org/wiki/xacro">
3   <xacro:macro
4     name="roller_macro"
5     param="parent name xyz rpy">
6     <link name="roller_${name}_rim_${parent}_link">
7       <inertial>
8         <origin
9           xyz="2.7756E-17 0 0"
10          rpy="0 0 0" />
11         <mass value="0.002" />
12         <inertia
13           ixx="0.00005"
14           iyy="0.0"
15           izz="0.0"
16           ixy="0.0"
17           ixz="0.0"
18           iyz="0.00002" />
19       </inertial>
20       <visual>
21         <origin
22           xyz="0 0 0"
23           rpy="0 0 0" />
24         <geometry>
25           <mesh filename="package://omni4/meshes/roller.STL"/>
26         </geometry>
27         <material name="">
28           <color rgba="0.29804 0.29804 0.29804 1"/>
29         </material>
30       </visual>
31       <collision>
32         <origin
33           xyz="0 0 0"
34           rpy="0 0 0" />
35         <geometry>
36           <mesh filename="package://omni4/meshes/roller.STL"/>
37         </geometry>
38       </collision>
39     </link>
40     <gazebo reference="roller_${name}_rim_${parent}_link">
41       <material>Gazebo/Black</material>
42       <mu1>0.1</mu1>
43       <mu2>0.1</mu2>
44     </gazebo>
45     <joint name="roller_${name}_rim_${parent}_joint" type="continuous">
46       <parent link="rim_${parent}_link"/>
47       <child link="roller_${name}_rim_${parent}_link"/>
48       <axis xyz="0 0 1"/>
49       <origin xyz="${xyz}" rpy="${rpy}" />
50       <!-- <physics
51         damping="0.001"
52         friction="0.001" /> -->
53     </joint>
54   </xacro:macro>
55 </robot>
```

Với mỗi roller khác ta chỉ việc truyền tham số

File rim : bánh xe → tạo 1 hàm macro để tái sử dụng code

Tương tự với file roller

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <robot xmlns:xacro="http://www.ros.org/wiki/xacro">
3   <xacro:include filename="$(find omni4)/urdf/roller.urdf.xacro" />
4   <xacro:macro
5     name="rim_macro"
6     params="name color xyz rpy">
7     <link name="rim_${name}_link">
8       <inertial>
9         <origin
10           xyz="0 -1.1022302462516E-16 0.0138124499081066"
11           rpy="0 0 0" />
12         <mass value="0.02" />
13         <inertia
14           ixx="0.00095"
15           ixy="0.0"
16           ixx="0.0"
17           iyy="0.00095"
18           iyz="0.0"
19           izz="0.00098" />
20       </inertial>
21       <visual>
22         <origin
23           xyz="0 0 0"
24           rpy="0 0 0" />
25         <geometry>
26           <mesh filename="package://omni4/meshes/rim.STL" />
27         </geometry>
28         <material name="">
29           <color rgb="0.0 0.0 0.0" />
30         </material>
31       </visual>
32       <collision>
33         <origin
34           xyz="0 0 0"
35           rpy="0 0 0" />
36         <geometry>
37           <mesh filename="package://omni4/meshes/rim.STL" />
38         </geometry>
39       </collision>
40     </link>
41
42     <gazebo reference="rim_${name}_link">
43       <material>Gazebo/Yellow</material>
44       <mu1>0.2</mu1>
45       <mu2>0.2</mu2>
46     </gazebo>
47
48     <joint
49       name="rim_${name}_joint"
50       type="continuous">
51       <parent link="base_link" />
52       <child link="rim_${name}_link" />
53       <axis xyz="0 0 1" />
54       <origin xyz="${xyz}" rpy="${rpy}" />
55       <!-- <dynamics
56         damping="0.005"
57         friction="0.005" /> -->
58     </joint>
```

Thiết lập các roller gọi hàm macro:

```
60 <!-- Definition of 8 rollers distributed around the wheel -->
61 <xacro:roller_macro
62   parent="${name}"
63   name="r">
64   xyz="-0.027497 0.00039526 0.0045"
65   rpy="1.5708 0 3.14159"
66 </xacro:roller_macro>
67 <xacro:roller_macro
68   parent="${name}"
69   name="r2">
70   xyz="0.019164 0.019723 0.0235"
71   rpy="1.5708 0 2.3418"
72 </xacro:roller_macro>
73 <xacro:roller_macro
74   parent="${name}"
75   name="r3">
76   xyz="0.00039526 0.027497 0.0045"
77   rpy="1.5708 0 1.5664"
78 </xacro:roller_macro>
79 <xacro:roller_macro
80   parent="${name}"
81   name="r4">
82   xyz="0.019723 0.019164 0.0235"
83   rpy="1.5708 0 0.77102"
84 </xacro:roller_macro>
85 <xacro:roller_macro
86   parent="${name}"
87   name="r5">
88   xyz="-0.027497 -0.00039526 0.0045"
89   rpy="1.5708 0 -0.014374"
90 </xacro:roller_macro>
91 <xacro:roller_macro
92   parent="${name}"
93   name="r6">
94   xyz="0.019164 -0.019723 0.0235"
95   rpy="1.5708 0 -0.79977"
96 </xacro:roller_macro>
97 <xacro:roller_macro
98   parent="${name}"
99   name="r7">
100   xyz="-0.00039526 -0.027497 0.0045"
101   rpy="1.5708 0 -1.5852"
102 </xacro:roller_macro>
103 <xacro:roller_macro
104   parent="${name}"
105   name="r8">
106   xyz="0.019723 -0.019164 0.0235"
107   rpy="1.5708 0 -2.3706"
108 </xacro:roller_macro>
109 </xacro:macro>
110 </robot>
```

```
<transmission name="rim_${name}_transmission">
  <type>transmission_interface/SimpleTransmission</type>
  <joint name="rim_${name}_joint">
    <hardwareInterface>hardware_interface/VelocityJointInterface</hardwareInterface>
  </joint>
  <actuator name="rim_${name}_motor">
    <hardwareInterface>hardware_interface/VelocityJointInterface</hardwareInterface>
    <mechanicalReduction>1</mechanicalReduction>
  </actuator>
</transmission>
</xacro:macro>
```

Tương tự chia nhỏ file urdf ra sensor, sung, plugin sau đó gọi vào 1 file chính:

```
1 <?xml version="1.0"?>
2 <robot name="omni_car" xmlns:xacro="http://www.ros.org/wiki/xacro">
3
4   <!-- include file -->
5
6   <xacro:include filename="$(find omni4)/urdf/rim.urdf.xacro" />
7   <xacro:include filename="$(find omni4)/urdf/sensor.urdf.xacro" />
8   <xacro:include filename="$(find omni4)/urdf/sung.urdf.xacro" />
9   <xacro:include filename="$(find omni4)/urdf/plugin.urdf.xacro" />
10
11   <!-- Ctrl+I to chat, Ctrl+K to generate -->
```

```

13 <link
14   name="base_link">
15   <inertial>
16     <origin
17       xyz="0.00026343168716178 -1.5535406294731E-11 0.00563113326253423"
18       rpy="0 0 0" />
19     <mass
20       value="0.4" />
21     <inertia
22       ixx="0.00008"
23       ixy="0.0"
24       iyz="0.0"
25       iyy="0.00008"
26       iyz="0.0"
27       izz="0.00015" />
28   </inertial>
29   <visual>
30     <origin
31       xyz="0 0 0"
32       rpy="0 0 0" />
33     <geometry>
34       <mesh
35         filename="package://omni4/meshes/base_link.STL" />
36     </geometry>
37     <material>
38       name=""
39       <color
40         rgba="0.752941176470588 0.752941176470588 0.752941176470588 1" />
41     </material>
42   </visual>
43   <collision>
44     <origin
45       xyz="0 0 0"
46       rpy="0 0 0" />
47     <geometry>
48       <mesh
49         filename="package://omni4/meshes/base_link.STL" />
50     </geometry>
51   </collision>
52 </link>
54 <gazebo reference="base_link">
55   <material>Gazebo/Blue/material>
56   <mu2>0.24/mu2>
57   </gazebo>
58
59 <!-- Khai báo 4 bánh xe -->
60
61 <!-- Bánh trước bên trái (Front Left) -->
62 <acro:rim macro
63   name="front_left"
64   color="0.79216 0.81961 0.93333"
65   xyz="0.11977 0.12038 -0.0255"
66   rpy="1.5708 0 -0.7854" />
67
68 <!-- Bánh trước bên phải (Front Right) -->
69 <acro:rim macro
70   name="front_right"
71   color="0.79216 0.81961 0.93333"
72   xyz="0.11977 -0.12038 -0.0255"
73   rpy="1.5708 0 -2.3562" />
74
75 <!-- Bánh sau bên trái (Rear Left) -->
76 <acro:rim macro
77   name="rear_left"
78   color="0.79216 0.81961 0.93333"
79   xyz="0.11977 0.12038 -0.0255"
80   rpy="1.5708 0 -0.7854" />
81
82 <!-- Bánh sau bên phải (Rear Right) -->
83 <acro:rim macro
84   name="rear_right"
85   color="0.79216 0.81961 0.93333"
86   xyz="0.11977 -0.12038 -0.0255"
87   rpy="1.5708 0 -2.3562" />
88
89 <acro:sensor />
90 <acro:sung />
91 <acro:plugin namespace="omni_car" />
92
93

```

#### 4. Control các joint:

Dùng plugin:

File config: đã thiết lập các controller cho các joint:

4 bánh control theo kiểu velocity

```

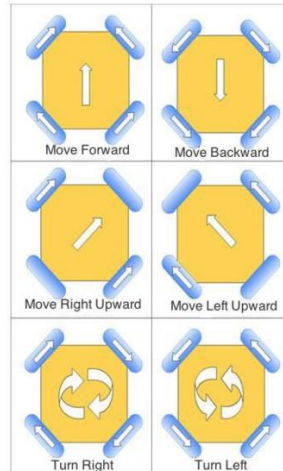
1 omni_car:
2
3   joint_state_controller:
4     type: joint_state_controller/JointStateController
5     publish_rate: 100
6
7   front_right_joint_velocity_controller:
8     type: velocity_controllers/JointVelocityController
9     joint: rim front right joint
10    pid: [p: 0.1, i: 0.01, d: 0.001]
11    publish_rate: 50
12    velocity_ff: 0.1
13    antiwindup: true
14
15   rear_left_joint_velocity_controller:
16     type: velocity_controllers/JointVelocityController
17     joint: rim rear left joint
18    pid: [p: 0.1, i: 0.01, d: 0.001]
19    publish_rate: 50
20    velocity_ff: 0.1
21    antiwindup: true
22
23   rear_right_joint_velocity_controller:
24     type: velocity_controllers/JointVelocityController
25     joint: rim rear right joint
26    pid: [p: 0.1, i: 0.01, d: 0.001]
27    publish_rate: 50
28    velocity_ff: 0.1
29    antiwindup: true
30
31   front_left_joint_velocity_controller:
32     type: velocity_controllers/JointVelocityController
33     joint: rim front left joint
34    pid: [p: 0.1, i: 0.01, d: 0.001]
35    publish_rate: 50
36    velocity_ff: 0.1
37    antiwindup: true
38

```

```

<transmission name="rim ${name} transmission">
  <type>transmission_interface/SimpleTransmission</type>
  <joint name="rim ${name} joint">
    <hardwareInterface>hardware_interface/VelocityEngine</hardwareInterface>
  </joint>
  <actuator name="rim ${name} motor">
    <hardwareInterface>hardware_interface/VelocityEngine</hardwareInterface>
    <mechanicalReduction>1</mechanicalReduction>
  </actuator>
</transmission>

```



2 joint súng controll kiểu position:

```

39 # Position controllers for the joints
40 joint_1_position_controller:
41   type: position_controllers/JointPositionController
42   joint: joint_1
43   pid: (p: 1.0, i: 0.1, d: 0.01)
44   publish_rate: 50
45   antiwindup: true
46
47 joint_2_position_controller:
48   type: position_controllers/JointPositionController
49   joint: joint_2
50   pid: (p: 1.0, i: 0.1, d: 0.01)
51   publish_rate: 50
52   antiwindup: true
53
54 # Joint trajectory controller for arm
55 arm_controller:
56   type: position_controllers/JointTrajectoryController
57   joints:
58     - joint_1
59     - joint_2
60   constraints:
61     goal_time: 0.5
62     stopped_velocity_tolerance: 0.05
63   stop_trajectory_duration: 0.2
64   state_publish_rate: 25
65   action_monitor_rate: 10
66   gains:
67     joint_1: (p: 100.0, i: 0.5, d: 10.0)
68     joint_2: (p: 100.0, i: 0.5, d: 10.0)

```

```

<!-- Transmissions for the joints -->
<transmission name="trans_joint_1">
  <type>transmission_interface/SimpleTransmission</type>
  <joint name="joint_1">
    <hardwareInterface>hardware_interface/PositionJointInterface</hardwareInterface>
  </joint>
  <actuator name="motor_1">
    <hardwareInterface>hardware_interface/PositionJointInterface</hardwareInterface>
    <mechanicalReduction>1</mechanicalReduction>
  </actuator>
</transmission>

<transmission name="trans_joint_2">
  <type>transmission_interface/SimpleTransmission</type>
  <joint name="joint_2">
    <hardwareInterface>hardware_interface/PositionJointInterface</hardwareInterface>
  </joint>
  <actuator name="motor_2">
    <hardwareInterface>hardware_interface/PositionJointInterface</hardwareInterface>
    <mechanicalReduction>1</mechanicalReduction>
  </actuator>
</transmission>

<!-- Add Gazebo tags for the joints -->
<gazebo reference="joint_1">
  <provideFeedback>true</provideFeedback>
  <implicitSpringDamper>true</implicitSpringDamper>
  <mu1>0.2</mu1>
  <mu2>0.2</mu2>
</gazebo>

<gazebo reference="joint_2">
  <provideFeedback>true</provideFeedback>
  <implicitSpringDamper>true</implicitSpringDamper>
  <mu1>0.2</mu1>
  <mu2>0.2</mu2>
</gazebo>

```

Trong file launch chính: Load file config và gọi controller

```

6
7 <!-- Load controllers -->
8 <rosparam file="$(find omni4)/config/joint_velocity.yaml" command="load" />
9
10 <!-- Controllers-->
11 <node name="controller_spawner" pkg="controller_manager" type="spawner" respawn="false"
12   output="screen" ns="/omni_car"
13   args="--namespace=/omni_car
14   joint_state_controller
15   front_left_joint_velocity_controller
16   front_right_joint_velocity_controller
17   rear_left_joint_velocity_controller
18   rear_right_joint_velocity_controller
19   arm_controller
20   " />
21 </launch>
22

```

Code file.py: control bánh xe bằng cách pub vận tốc vào 4 bánh

```

# Khởi tạo các publisher cho các bánh xe
self.pub_front_left = rospy.Publisher('omni_car/front_left_joint_velocity_controller/command', Float64, queue_size=1)
self.pub_front_right = rospy.Publisher('omni_car/front_right_joint_velocity_controller/command', Float64, queue_size=1)
self.pub_rear_left = rospy.Publisher('omni_car/rear_left_joint_velocity_controller/command', Float64, queue_size=1)
self.pub_rear_right = rospy.Publisher('omni_car/rear_right_joint_velocity_controller/command', Float64, queue_size=1)

```

Tương tự với joint\_súng: truyền position vào các joint:

```

# Publisher for joint trajectory commands
self.control_publisher = rospy.Publisher('/omni_car/arm_controller/command',
                                          JointTrajectory, queue_size=10)

# Joint positions
self.joint_positions = [0.0, 0.0] # [joint_1, joint_2]

# Joint limits from URDF
self.joint_limits = {
    'joint_1': {'min': -3.14, 'max': 3.14}, # rotation
    'joint_2': {'min': -1.57, 'max': 0.0}  # up/down
}

```

### III. Kết quả:

- Đã mô phỏng cơ bản model trong rviz và gazebo cũng như đọc được topic của sensor
- (Nếu gặp lỗi trong hiển thị gazebo có thể xem lại ma trận quá tính)
- Đã mô phỏng truyền động của bánh omni tuy nhiên chưa khắc phục được lỗi nếu pub vận tốc
- cao có thể dẫn đến lỗi đi không đúng hướng.
- Đã control được vị trí của các joint\_súng.

Video kết quả:

<https://drive.google.com/file/d/1eOpFHRf8l8V8XlrxWJdY7kGUrDCM2iyC/view?usp=sharing>