

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт математики и информационных технологий

Отчет о прохождении производственной практики **Использование URDF в Gazebo для совмещения с ROS**

Выполнил студент группы 22207:

Мельников И.Е

Направление подготовки:

Программная инженерия системное и
прикладное ПО

Место прохождения практики:

Кафедра ИМО, ЦИИ

Сроки прохождения практики:

30 мая 2022г. - 9 июня 2022г.

Руководитель практики:

Богоявленская О. Ю.

Оценка _____

Дата _____

Петрозаводск 2022 г.

Содержание

Цели и задачи	3
1 Gazebo	4
2 ROS (Robot Operation System)	5
3 Форматы описания моделей роботов	6
3.1 SDF (Simulation Description Format)	6
3.2 URDF (Unified Robot Description Format)	7
4 URDF в Gazebo	8
4.1 Недостатки URDF	8
4.2 Настройка URDF	9
4.3 <visual> и <collision>	12
5 Проверка и просмотр модели	13
6 Заключение	14

Цели и задачи

Целью прохождения практики является изучение нюансов при описании модели робота в URDF в Gazebo для совмещения с ROS, а также знакомство со всей экосистемой.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- Изучить материалы о работе Gazebo и его основным формате - SDF.
- Изучить материалы о работе ROS и его основным формате.
- Рассмотреть особенности совместной работы Gazebo и ROS.
- Найти решения проблем переноса кода SDF в URDF для применения в ROS

1 Gazebo

Gazebo – робототехнический 3D-симулятор с открытым кодом и широкой поддержкой ROS, а также физических движков ODE, Bullet, Symbody, DART для динамической симуляции. Для расширения возможностей робота у Gazebo имеется огромная библиотека плагинов, а также их собственный API для самостоятельного написания.



Рис. 1: Лого



Рис. 2: Интерфейс

2 ROS (Robot Operation System)

ROS (Robot Operation System) — это операционная система для роботов, представляет из себя бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом, определяющее компоненты, интерфейсы и инструменты для создания продвинутых роботов. ROS обеспечивает стандартные службы операционной системы, такие как: аппаратную абстракцию, низкоуровневый контроль устройств, реализацию часто используемых функций, передачу сообщений между процессами, и управление пакетами.

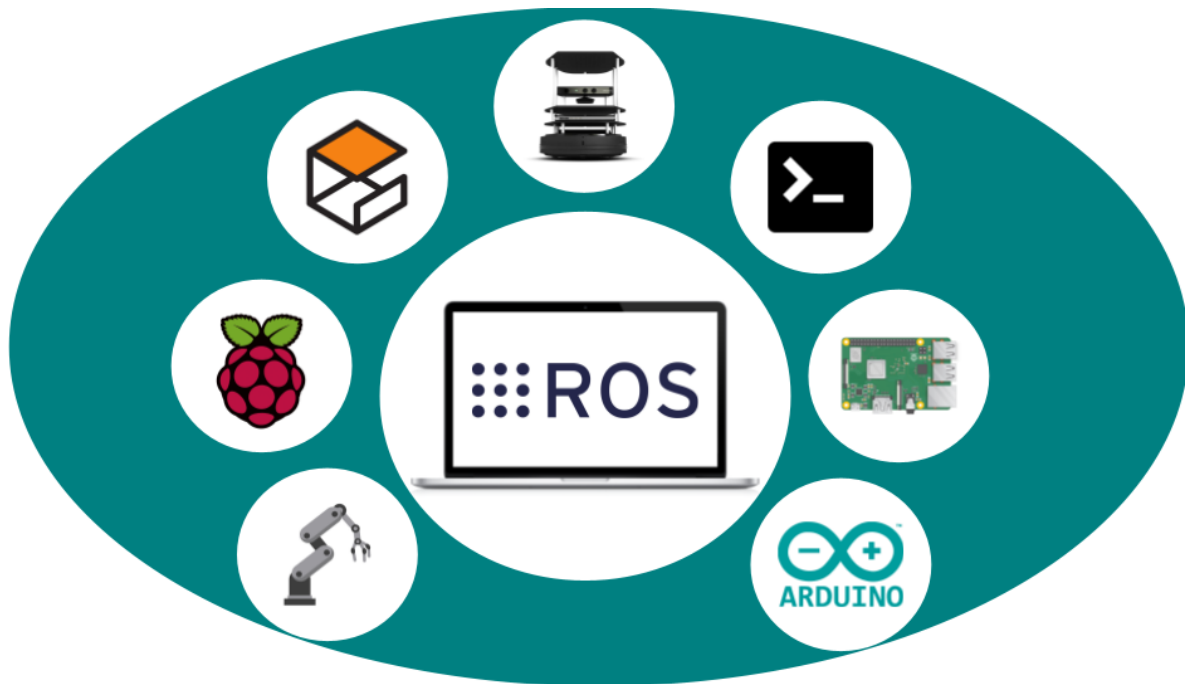


Рис. 3: ROS



Рис. 4: Лого

3 Форматы описания моделей роботов

При описании робота неизбежно возникает вопрос, в каком формате это делать?

3.1 SDF (Simulation Description Format)

Основным форматом, изначально созданным для Gazebo, является SDF (Simulation Description Format) – это XML формат для полного описания всех возможных объектов: от окружения и описания мира робота до уровня описания деталей самого робота для его моделирования, визуализации и контроля.

Элементы описания:

- Сцена (глобальное освещение, небо, тени)
- Физика (гравитация, движок)
- Модели (набор объектов, сенсоров и связей между ними)
- Свет (положение источников и их хар-ки)
- Подключения плагинов

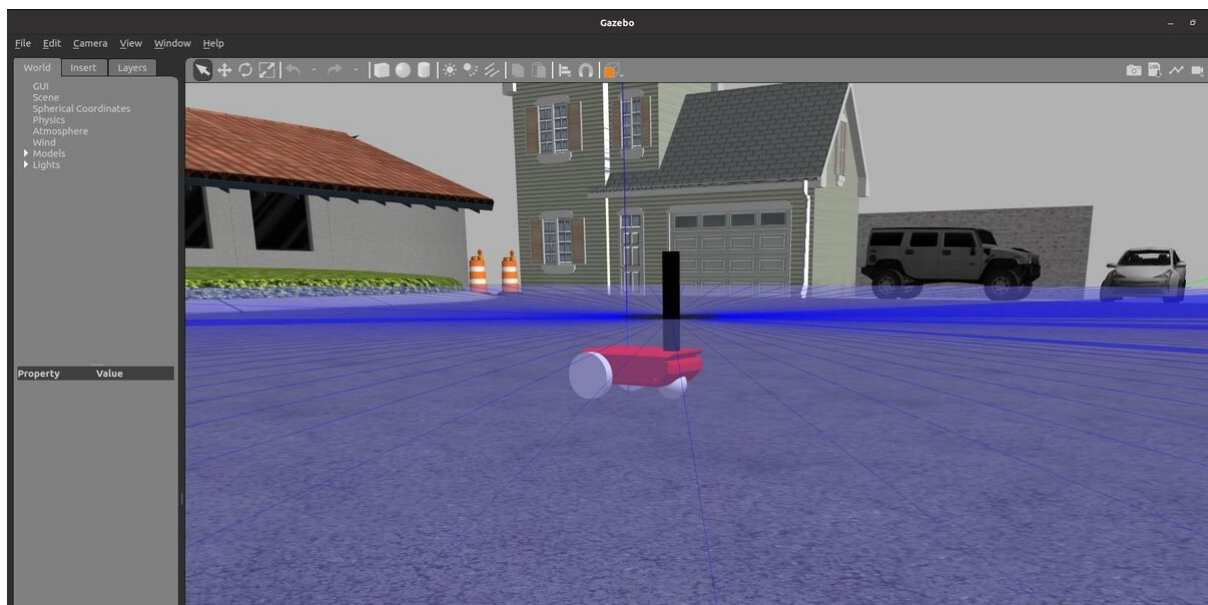


Рис. 5: Gazebo, SDF

3.2 URDF (Unified Robot Description Format)

Но для работы с ROS элементы робота необходимо описывать в URDF (Unified Robot Description Format) – более узкий XML формат, специализированный для описания роботов. Видение робота в URDF построено из набора звеньев (link) и узлов (joint).

Элементы описания:

- Кинематика и динамика робота
- Визуальное представление деталей робота (например, в Gazebo)
- Описание моделей столкновений деталей робота

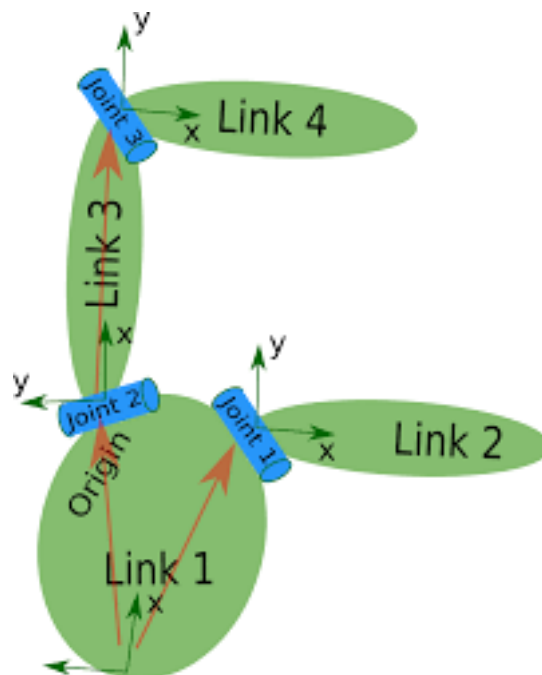


Рис. 6: Представление робота в URDF

Каждое звено обладает визуальной частью, то есть его визуальной репрезентацией, например, в Gazebo, и моделью столкновений, то есть 3D объектом для обнаружения датчиками или столкновений с другими объектами.

4 URDF в Gazebo

Поскольку визуальная часть описывается в Gazebo, то разработчик столкнется с необходимостью использования URDF в Gazebo, что имеет свои нюансы.

4.1 Недостатки URDF

Хотя URDF и является стандартизированным форматом в ROS, в нем отсутствуют многие функции для удовлетворения растущих потребностей робототехники:

- URDF может указать только кинематические и динамические свойства одного робота изолированно.
- URDF не может указать положение самого робота в мире.
- Это не универсальный формат описания, поскольку он не может указывать шарнирные узлы, а также не имеет трения и других свойств.
- Нельзя указывать вещи, которые не являются роботами, такие как источники света, карты высот и т. д.
- Синтаксис URDF нарушает правильное форматирование из-за интенсивного использования XML-атрибутов, что, в свою очередь, делает URDF менее гибким.

4.2 Настройка URDF

Для правильной настройки URDF робота в Gazebo есть несколько моментов:

Обязательно

- Для каждого звена участвующего в симуляции должен быть указан и настроен тэг `<inertial>`

```
<inertial>
  <mass value="10"/>
  <inertia ixx="0.4" ixy="0.0" ixz="0.0" iyy="0.4" iyz="0.0" izz="0.2"/>
</inertial>
```

Рис. 7: inertial

Mass определяется в килограммах и должна быть больше 0, чтобы звено не игнорировалось.

Матрица инерции симметрична и представляется бью элементами. Корректные значения для матрицы можно определить с помощью утилиты SolidWorks от CAD, включающую функции для примерного расчета таких значений.

ixx	ixy	ixz
ixy	iiy	iyz
ixz	iyz	izz

Рис. 8: Матрица инерции

Опционально

- Добавление `<gazebo>` для каждого звена (link)
 - Для преобразования визуальных цветов в формат Gazebo
 - Для конвертирования .stl в .dae для улучшения качества текстур, так как .dae поддерживает разные цвета и текстуры, тогда как в .stl может быть только сплошной цвет звена
 - Для добавления плагинов для сенсоров

```
<gazebo reference="link2">
  <mu1>0.2</mu1>
  <mu2>0.2</mu2>
  <material>Gazebo/Black</material>
</gazebo>
```

Рис. 9: `<gazebo>` для link

Name	Type	Description
material	value	Material of visual element
gravity	bool	Use gravity
dampingFactor	double	Exponential velocity decay of the link velocity - takes the value and multiplies the previous link velocity by (1-dampingFactor).
maxVel	double	maximum contact correction velocity truncation term.
minDepth	double	minimum allowable depth before contact correction impulse is applied
mu1	double	Friction coefficients μ for the principal contact directions along the contact surface as defined by the Open Dynamics Engine (ODE) (see parameter descriptions in ODE's user guide)
mu2		
fdir1	string	3-tuple specifying direction of mu1 in the collision local reference frame.
kp	double	Contact stiffness k_p and damping k_d for rigid body contacts as defined by ODE (ODE uses erp and cfm but there is a mapping between erp/cfm and stiffness/damping)
kd		
selfCollide	bool	If true, the link can collide with other links in the model.
maxContacts	int	Maximum number of contacts allowed between two entities. This value overrides the max_contacts element defined in physics.
laserRetro	double	intensity value returned by laser sensor.

Рис. 10: Список элементов для link

- Добавление <gazebo> для каждого узла (joint)
 - Чтобы установить правильную динамику затухания
 - Для добавления плагинов управления приводами

<origin>, <parent> и <child> обязательны

<calibration> и <safety_controller> игнорируются

В Gazebo4 и раньше в теге <dynamics> используется только свойство damping, в поздних версиях также используется friction

```
<joint name="joint2" type="continuous">
  <parent link="link2"/>
  <child link="link3"/>
  <origin xyz="0 ${width} ${height2 - axel_offset*2}" rpy="0 0 0"/>
  <axis xyz="0 1 0"/>
  <dynamics damping="0.7"/>
</joint>
```

Рис. 11: <gazebo> для joint

Name	Type	Description			
stopCfm	double	Joint stop constraint force mixing (cfm) and error reduction parameter (erp) used by ODE			
stopErp					
provideFeedback	bool	Allows joints to publish their wrench data (force-torque) via a Gazebo plugin			
implicitSpringDamper	bool	If this flag is set to true, ODE will use ERP and CFM to simulate damping. This is a more stable numerical method for damping than the default damping tag. The cfmDamping element is deprecated and should be changed to implicitSpringDamper.	double	Spring stiffness in N/m.	
springStiffness					
springReference	double	Equilibrium position for the spring.			
cfmDamping					
fudgeFactor	double	Scale the excess for in a joint motor at joint limits. Should be between zero and one.			

Рис. 12: Список элементов для joint

- Добавление `<gazebo>` для `<robot>` для указания дополнительных свойств робота.
- Добавление `<link name="world"/>`, если робот должен быть жестко привязан к миру или базовому звену.

```

<!-- Used for fixing robot to Gazebo 'base_link' -->
<link name="world"/>

<joint name="fixed" type="fixed">
  <parent link="world"/>
  <child link="link1"/>
</joint>

```

Рис. 13: `<gazebo>` для link

```

<!-- Base Link -->
<link name="link1">

```

Рис. 14: Список элементов для link

Необходимо учитывать, что при отсутствии у `<gazebo>` свойства `reference` (ссылки на элемент), URDF предполагает, что элемент предназначен для всей модели робота.

4.3 <visual> и <collision>

Для каждого звена необходима модель столкновения <collision> и визуальную модель <visual>. Важно, чтобы были указаны обе, т.к. Gazebo не станет использовать <visual> элементы в качестве <collision>, и объект будет рассматриваться как прозрачный для столкновений и сканеров.

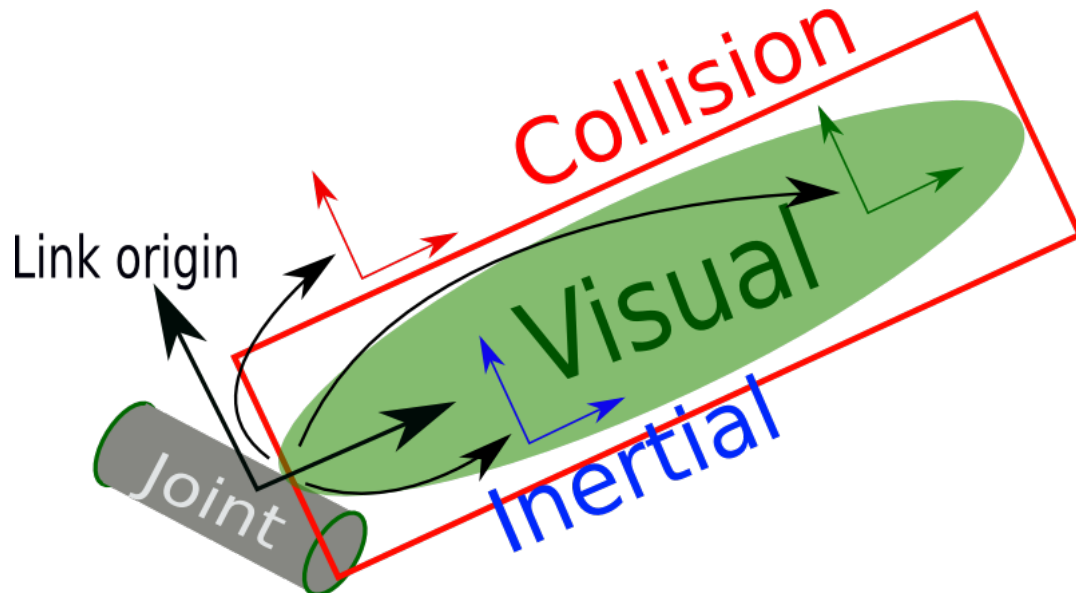


Рис. 15: Представление звена в URDF

5 Проверка и просмотр модели

После успешного создания URDF модели можно проверить, может ли она быть успешно конвертирована Gazebo в SDF.

```
# gazebo3 and above  
gz sdf -p MODEL.urdf
```

Рис. 16: Команда для проверки конвертации

Данная команда покажет SDF, который был сгенерирован из исходного URDF, а также любые предупреждения об отсутствующей информации.

После завершения проверок можно непосредственно просматривать описанного робота в Gazebo и приступать к дальнейшей работе с ним. Если модель вдруг ведет себя не так, как ожидалось, то это, скорее всего, связано с необходимостью дальнейшей настройки URDF для более точного представления его физики в Gazebo. В этом может помочь руководство пользователя SDF с информацией о свойствах доступных в URDF через тег `<gazebo>`

6 Заключение

В ходе практической работы я узнал, как использовать пакеты ROS, содержащие URDF, с Gazebo, и как преобразовать свой собственный URDF для работы в Gazebo.

Все задачи были выполнены. Изучены нюансы приведения URDF формата для корректной работы с Gazebo и совмещения с ROS.

Список литературы

- [1] Основная документация URL: <https://classic.gazebo-sim.org/tutorials>
- [2] Документация URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ROS_\(](https://ru.wikipedia.org/wiki/ROS_()
- [3] Документация URL: <http://wiki.ros.org/urdf>
- [4] Документация URL: <https://newscrewdriver.com/2018/07/31/ros-notes-urdf-vs-gazebo-sdf/>
- [5] Документация URL: https://campus-rover.gitbook.io/lab-notebook/faq/sdf_to_urdf
- [6] Документация URL: <https://automaticaddison.com/how-to-load-a-urdf-file-into-gazebo-ros-2/>