

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В УПРАВЛЕНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ МАНИПУЛЯТОРОВ

Авад П.А.В.¹, Мамонова Т.Е.²

¹ ТПУ, ИШИНЭС, гр. 6ВМ41ПИШ, e-mail: paa13@tpu.ru

² ТПУ, ИШИНЭС, к.т.н., доц., e-mail: stepte@tpu.ru

Аннотация

В рамках данной работы рассматривается процесс создания и применения цифровых двойников для управления манипуляторами.

Основное внимание уделяется разработке трехмерной модели манипулятора, которая служит основой для создания цифрового двойника.

Описание охватывает этапы моделирования манипулятора в 3D-среде, интеграцию модели в систему цифровых двойников, а также методы управления всеми осями манипулятора на основе этой модели.

В результате предполагается улучшение эффективности управления и мониторинга манипуляторов, что открывает новые возможности для их оптимизации в различных прикладных задачах.

Введение

Цифровые двойники становятся неотъемлемой частью современной индустрии благодаря их способности создавать точные виртуальные копии реальных объектов и систем. В управлении и оптимизации манипуляторов они играют ключевую роль, обеспечивая не только мониторинг, но и прогнозирование поведения систем в реальном времени. Использование цифровых двойников для манипуляторов позволяет более точно контролировать движение, прогнозировать износ деталей и повышать общую эффективность управления.

В данном докладе будет рассмотрен процесс создания цифровых двойников для манипуляторов, начиная с разработки трёхмерной модели и заканчивая внедрением её в систему управления. Основное внимание будет уделено этапам моделирования, интеграции модели с реальными системами, а также применению методов управления для оптимизации работы манипуляторов.

Принцип работы цифровых двойников для управления манипуляторами.

Создание и интеграции модели манипулятора в компьютерной среде основано на информации, взятой из [1, 2] и содержит несколько этапов, представленных ниже.

1. Создание 3D-модели манипулятора (рис. 1): в основе работы цифрового двойника лежит создание детализированной трёхмерной модели манипулятора с использованием программного обеспечения для 3D-моделирования. На этом этапе была разработана модель, которая включает все основные компоненты манипулятора, такие как звенья, суставы и механизмы вращения.

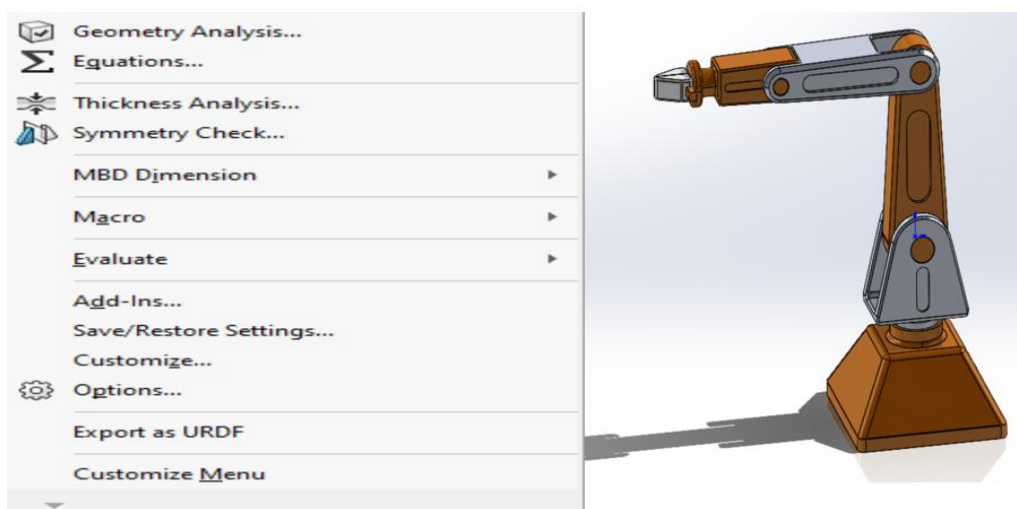


Рис. 1. 3D-модель манипулятора

2. Определение взаимосвязей осей (рис. 2): важным этапом является настройка всех взаимосвязей между осями манипулятора. Здесь выполняется определение координатных систем для каждого звена, а также описание углов поворота и ограничений движения, что необходимо для правильной симуляции поведения манипулятора в виртуальной среде.

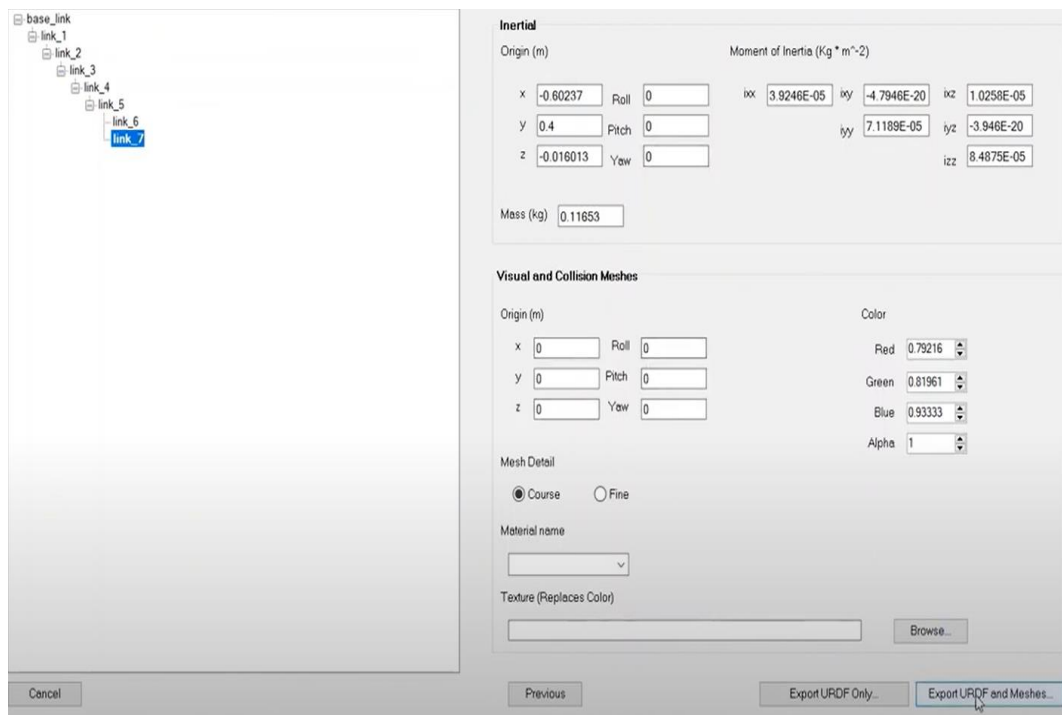


Рис. 2. Определение взаимосвязей осей

3. Генерация файла URDF (рис. 3): после создания 3D-модели была выполнена генерация файла URDF (Unified Robot Description Format), который содержит описание робота: длины его звеньев, количество суставов, их позиции, пределы движений, а также инерционные свойства и массы каждого элемента. Этот файл является ключевым элементом для интеграции модели манипулятора в системы робототехники на базе ROS (Robot Operating System).

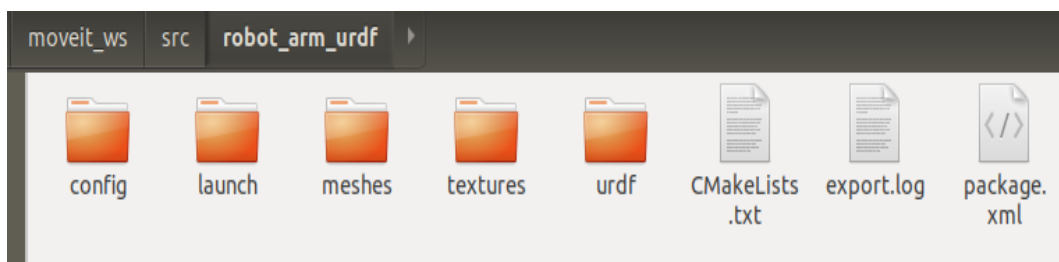


Рис. 3. Генерация файла URDF

4. Экспорт пакета ROS из 3D-моделирования: экспорт пакета включает несколько основных файлов и директорий:

- config: файл с именами суставов, которые были указаны в URDF;
- launch: файлы для запуска робота в симуляционных средах, таких как Rviz и Gazebo;
- meshes: stl-файлы всех звеньев робота;
- URDF: файл с полным описанием структуры и характеристик робота, показанный на рис. 4;
- CMakeLists.txt и package.xml: файлы, отвечающие за сборку пакета ROS и установку зависимостей.

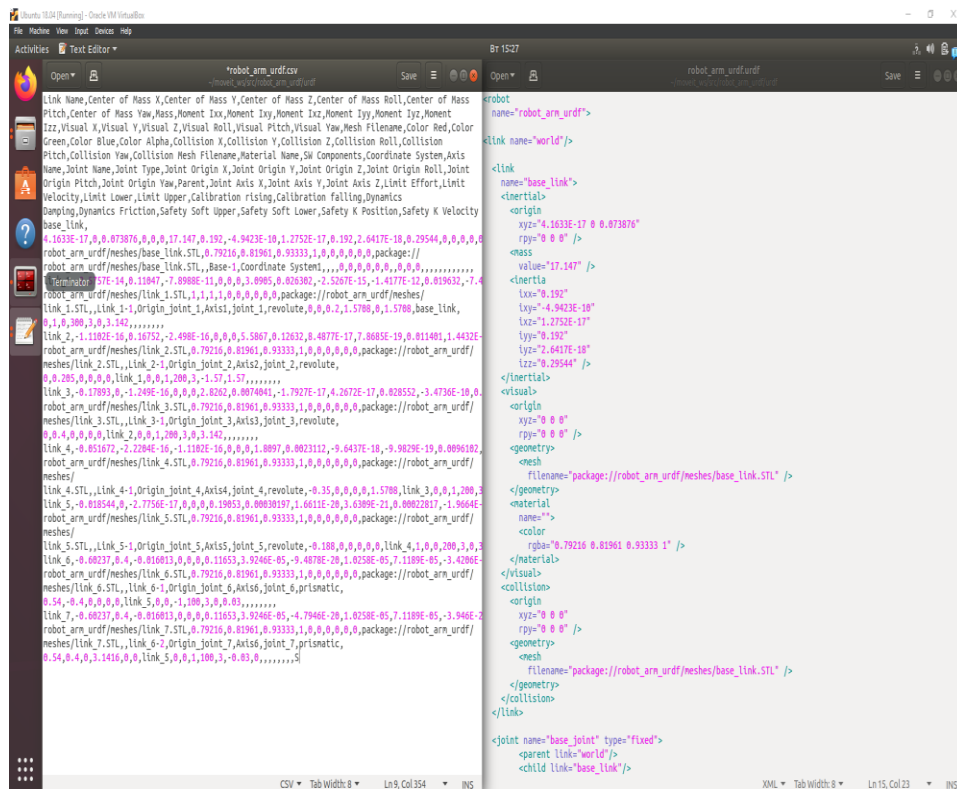


Рис. 4. Код URDF и CSV

5. Интеграция в ROS и запуск симуляции: полученный пакет может быть интегрирован в ROS и скопирован в рабочую директорию Catkin Workspace. После этого пользователь может запустить симуляцию манипулятора с помощью Rviz или Gazebo, однако для полноценного управления необходимо внести изменения в пакет.

В результате мы создаем компьютерную модель манипулятора, с помощью которой можно выполнять исследования реального объекта. Для подачи управляющих команд на реальный объект требуется настройка дополнительных компонентов, таких как Moveit, для управления движениями.

Процесс запуска робота в GAZEBO с использованием ROS [3-5].

Данный процесс включает в себя запуск симуляции робота в GAZEBO на основе пакета ROS, сгенерированного для манипулятора. Следуя шагам, указанным ниже, можно подготовить и запустить робота в симуляционной среде GAZEBO.

1. Запуск ROS Master: откройте терминал и выполните следующую команду для запуска ROS Master: «(bash \$ roscore)». Оставьте этот терминал открытым.
2. Открытие второго терминала: откройте новый терминал для дальнейших действий.
3. Переход в рабочую директорию: перейдите в вашу рабочую директорию Catkin Workspace: «(bash (\$ cd ~/moveit_ws))».
4. Подключение файла setup.bash: подключите файл `setup.bash` для активации среды разработки ROS: «(bash \$ source devel/setup.bash)».
5. Сборка рабочей области: если проект ещё не был собран после внесённых изменений, выполните сборку: «(bash \$ catkin build)».
6. Повторное подключение файла setup.bash: после успешной сборки снова подключите файл setup.bash: «(bash \$ source devel/setup.bash)».
7. Запуск файла конфигурации для робота: теперь вы можете запустить файл `launch`, который отвечает за загрузку вашего робота в GAZEBO. Используйте следующую команду bash «(\$ roslaunch your_package launch_file_name.launch)».

В рассматриваемом случае это может выглядеть следующим образом: bash «(\$ roslaunch robot_arm_urdf arm_urdf.launch)».

Запуска робота в GAZEBO представлен на рис 5.

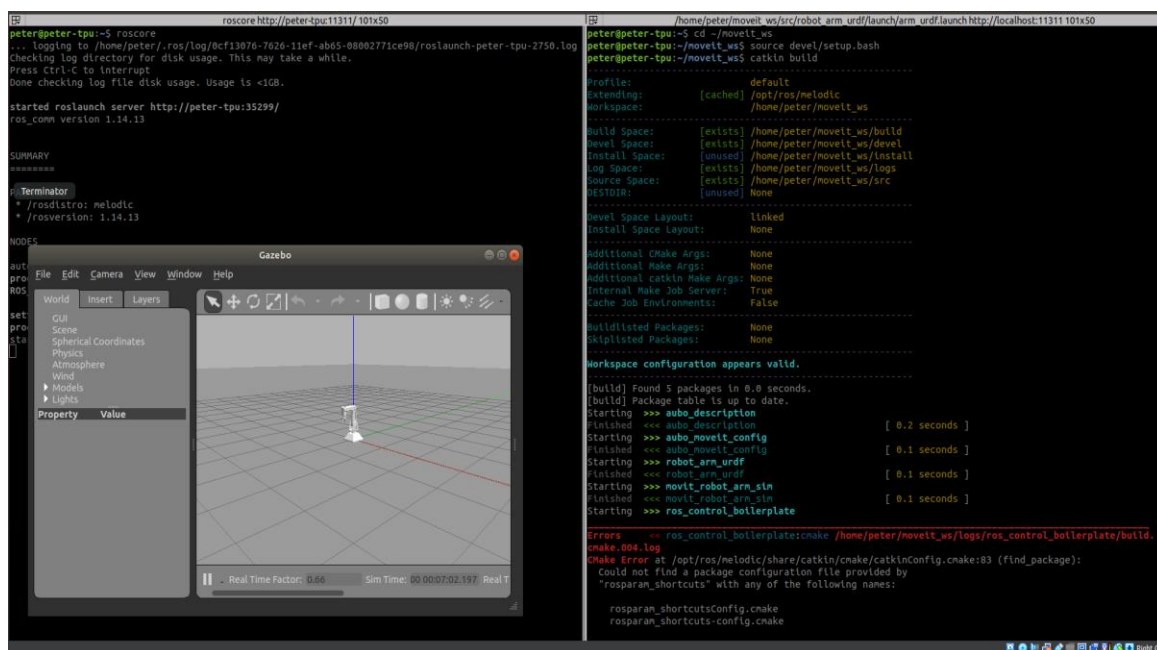


Рис. 5. Запуска робота в GAZEBO

Заключение

В данном исследовании был представлен процесс создания и применения цифрового двойника для управления и оптимизации манипулятора. Цифровой двойник, разработанный на основе 3D-модели, позволяет виртуально тестировать и контролировать движения манипулятора, что значительно повышает его производительность и точность в реальных условиях эксплуатации.

Использование среды ROS в сочетании с симуляцией в GAZEBO даёт возможность не только детализировать физические свойства системы, но и предлагать инновационные решения для управления её осями. Применение цифровых двойников открывает перспективы для дальнейшего улучшения робототехнических систем и упрощения процессов их тестирования, без необходимости физической эксплуатации оборудования.

Данный подход также ускоряет внедрение новых технологий в индустрию, делая их более доступными для широкого круга задач.

Список использованных источников

1. Лобанов А.А., Сапожников К.А., Чичигин Д.А. Применение цифровых двойников в управлении роботизированными манипуляторами // Инженерные науки. – 2022. – № 15. – С. 38-45. [Электронный ресурс] – URL: Цифровой двойник в системе внешнего адаптивного управления роботами-манипуляторами (cyberleninka.ru) (дата обращения: 19.09.2024).
2. Koubâa A., Shakhathreh H., Khalil I. A comprehensive introduction to Robot Operating System (ROS) // Springer International Publishing. – 2019. – 746 p. [Электронный ресурс] – URL: Robot Operating System (ROS): The Complete Reference (Volume 7) | SpringerLink (дата обращения: 19.09.2024).
3. Quigley M., Gerkey B., Smart W.D. Programming Robots with ROS: A Practical Introduction to the Robot Operating System. – O'Reilly Media. – 2015. – 448 p. [Электронный ресурс] – URL: Programming Robots with ROS[Book] (oreilly.com) (дата обращения: 19.09.2024).
4. Форсайт Г. Виртуальные испытания роботизированных систем в среде GAZEBO // Компьютерная инженерия. – 2021. – № 8. – С. 12-18. [Электронный ресурс] – URL: 10.160.178.20_4EB1G4M9JW8TTMVGW7LTV95AT9FDPVV5Y5N_WUIF74KVJMR8WP_F_Dobrokvashina.pdf - Яндекс Документы (yandex.ru) (дата обращения: 19.09.2024).
5. Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, Giuseppe Oriolo. Robotics: Modelling, Planning and Control // Springer Science & Business Media. – 2010. – 632 p. [Электронный ресурс] – URL: (73) B. Sicilliano -Robotics. Modelling, Planning and Control | Jose Luis Leon Torres - Academia.edu (дата обращения: 19.09.2024).