Дорожная карта проекта Антропоморфного робота AR-600E

Содержание

[1. «Легенда» 2](#_Toc525473399)

[2. Обзор 3](#_Toc525473400)

[3. Модель робота в MATLAB/Gazebo 3](#_Toc525473401)

[3.1. Составление кинематической модели в MATLAB 3](#_Toc525473402)

[3.2. Рассмотрение исполнительных устройств и преобразователей 4](#_Toc525473403)

[3.3. Составление динамической модели в MATLAB 4](#_Toc525473404)

[3.4. Подготовка модели в Gazebo 5](#_Toc525473405)

[3.5. Составление критерия равновесия ZMP 5](#_Toc525473406)

[4. Генерация траектории 6](#_Toc525473407)

[5. Исполнение траектории 6](#_Toc525473408)

[6. Планирование пути 6](#_Toc525473409)

[7. Протокол AR в ROS 6](#_Toc525473410)

[8. Средства тестирования и отладки 6](#_Toc525473411)

[9. Пользовательский интерфейс 7](#_Toc525473412)

[10. Стабильный канал передачи данных 7](#_Toc525473413)

[11. Построение карты и локализация положения робота 7](#_Toc525473414)

[12. Замена бортового контроллера на контроллер с ОС реального времени 7](#_Toc525473415)

[13. Манипуляция объектами и инструментами 8](#_Toc525473416)

[14. Сложные движения всем телом робота 8](#_Toc525473417)

# «Легенда»

Антропоморфный робот будет использоваться в отработке сценария ликвидации последствий чрезвычайных происшествий, которое будет включать в себя следующее:

* Хождение внутри помещений со строительным мусором на поверхности
* Хождение по неровной поверхности
* Подъем по лестнице
* Простейшие действия по сборке деталей
* Переключение кранов, клапанов и переключателей
* Использование электромеханических инструментов и бытовой техники
* Прохождение через двери
* Отсутствие страховочного крана
* Ограниченное время работы (90 минут)
* Работа от аккумулятора
* Нестабильный и зашумленный канал связи
* Передачу изображения оператору

# Обзор

…

Каждый из этапов ниже требует также, кроме указанного, и выполнения обзора по уже проделанной сторонними коллективами работе и существующих решений.

Этапы ниже необходимо выполнять с учетом их зависимостей следующим образом:

* Модель робота в MATLAB/Gazebo
  + Составление кинематической модели в MATLAB
    - Составление динамической модели в MATLAB
      * Подготовка модели в Gazebo
      * Составление критерия равновесия ZMP
        + Генерация траектории
        + Исполнение траектории
    - Планирование пути
  + Рассмотрение исполнительных устройств и преобразователей
* Протокол AR в ROS
* Средства тестирования и отладки
* Пользовательский интерфейс
* Стабильный канал передачи данных

Следующие этапы возможны только после некоторых достижений предыдущих этапов:

* Построение карты и локализация положения робота
* Замена бортового контроллера на контроллер с ОС реального времени
* Манипуляция объектами и инструментами
* Сложные движения всем телом робота

# Модель робота в MATLAB/Gazebo

Направление по созданию модели робота включает в себя следующие этапы работы:

* Составление кинематической модели в MATLAB
* Рассмотрение исполнительных устройств и преобразователей
* Составление динамической модели в MATLAB
* Составление критерия равновесия ZMP
* Подготовка модели в Gazebo

## Составление кинематической модели в MATLAB

Кинематической моделью является таблица параметров, задающая относительные перемещение и поворот последовательно от основания до схвата. Параметры задаются в специальной системе координат Денавита-Хартенберга (ДХ).

Кинематическая модель также подразумевает решение Прямой задачи кинематики (ПК) и Обратной задачи кинематики (ОК). Кинематическая модель определяет только положение всех звеньев механической системы и не определят силы, вызывающие их движение.

Решением задачи ПК является последовательное перемножение матриц в системе координат ДХ и не представляет затруднений после составления таблицы параметров ДХ. Но решение задачи ОК является нетривиальной и может содержать различные решения с разными плюсами и минусами. Например, некоторые решения позволят решить задачу ОК численным методом и для любого из подвижных частей робота (собственное значение матрицы или Якобиан). Или, например, решить геометрическим методом, что потребует составление индивидуального аналитического решения для каждого из подвижных частей робота.

Требуется подготовить кинематические модели для следующих частей робота:

* Манипуляторы (левый и правый)
* Педипуляторы (левый и правый)
* Головной модуль и «шея» робота
* Всего робота в целом

## Рассмотрение исполнительных устройств и преобразователей

Необходимо провести подробное рассмотрение всей периферии робота и определить их характеристики и рабочие диапазоны. Также необходимо составить схему взаимодействия между компонентами системы.

В роботе есть следующие составляющие: двигатели, усилители (драйверы двигателей), платы управления усилителей, датчики угла, многофункциональный инерциальный датчик, акселерометры, силомоментные датчики усилия, сервоприводы, дискретные датчики нажатия, камера, аккумуляторная батарея, бортовой компьютер.

В схему взаимодействия между компонентами системы должны входить следующие: пк разработчика, бортовой компьютер, сетевой маршрутизатор, материнская плата, экран в головном модуле, контроллеры (драйверы) движения, модели тензоизмерения, тактильные модули, дальномеры, гироскоп/акселерометры, микрофон/динамик.

## Составление динамической модели в MATLAB

Динамическая модель определяет какое ускорение получит каждое из звеньев с учетом крутящего момента двигателя, сил трения и массы компонентов. Также динамическая модель необходима для проведения виртуальных экспериментов с роботом в симуляторе.

Для составления динамической модели необходимо иметь кинематическую модель, полную сборку деталей в САПР SolidWorks с заданными центрами тяжести, объемом и распределения веса по объему изделий.

Также требуется составление упрощенной динамической модели для генерации траектории в режиме реального времени.

Требуется подготовить полные и упрощенные динамические модели для следующих частей робота:

* Манипуляторы (левый и правый)
* Педипуляторы (левый и правый)
* Головной модуль и «шея» робота
* Всего робота в целом

## Подготовка модели в Gazebo

Подготовка модели робота в симуляторе Gazebo подразумевает создание моделей в формате, необходимому для работы в симуляторе Gazebo (URDF и STL), а также осуществления корректной программной связи между моделью робота и управляющей программы. Это необходимо, чтобы одна и та же управляющая программа без её изменения взаимодействовала с симулятором робота и реальным роботом одинаково.

Для подготовки модели в Gazebo требуется кинематическая и динамические модели. Предполагается использования модулей ROS Control и MoveIt!

## Составление критерия равновесия ZMP

Двуногие шагающие роботы повторяют ходьбу человека. Подобные роботы обычно состоят из жестких звеньев, соединенных сочленениями, которые управляются двигателеями.

Ходьба двуного робота представляет собой периодическую схему смены стабильной и нестабильной фаз. Это сложный, высокоэнергоэффективный способ двуного передвижения. Из-за сложности, анализ стабильности движения человека может быть упрощен, используя критерий Точки Нулевого Момента (Zero-Moment Point, ZMP). Двуногое хождение может быть динамически стабильно, применяя ZMP критерий.

Имея кинематическую и динамическую модели необходимо составить ZMP критерий робота.

# Генерация траектории

Создание оптимальной по энергозатратности, стабильности и скорости прохождения траектории движения педипуляторов робота.

Также необходимо разработать метод генерация траектории в режиме реального времени.

Этап генерации траектории должен принимать в качестве входных данных непосредственно путь, который должен быть пройден шагающим роботом. Создание такого пути должно быть выполнено на этапе Планирования пути или задано вручную оператором.

# Исполнение траектории

Выполнение заранее созданной траектории с минимальной ошибкой и компенсируя возникающие возмущающие воздействия.

Предполагаемое решение – это использовать ПИД регулятор с прогнозированием (Feedforward), но есть множество различных решений проблем на эту тему.

# Планирование пути

На этапе планирования пути необходимо сгенерировать путь, который должен пройти робот с учетом особенностей движения робота, его габаритов. Например, необходимо понимать, что в узком проходе робот не пройдет и следует выбрать обходной путь.

# Протокол AR в ROS

Взаимодействие робота между компонентами включает в себя Протокол верхнего L1 и нижнего уровня L0. Взаимодействие между роботами описано в Протоколе L2.

Необходимо реализовать программный драйвер, который бы взаимодействовал с узлами (модулями) ROS посредством сообщений и сервисов с одной стороны и обменивался данными с роботом по протоколу L2 с другой стороны.

Реализация робота требуется на языке C++.

# Средства тестирования и отладки

Каждый разработанный модуль (или его обновленная версия) программный или аппаратный должен проходить тестирование перед тем, как будет применен на реальном роботе, ввиду высокой стоимости ошибки или вероятности повреждения робота.

В первую очередь необходимо проводить программное тестирование отдельных модулей на корректную работу и выдачу корректных значений. Что, например, при выходящих за диапазон значений, модуль не выдает бесконечно большое число, что в свою очередь может привести к уставке, выходящей за возможный диапазон движения робота и, как следствие, повреждение самого робота.

Во вторую очередь, перед отправкой кода или команды на выполнение, их нужно сначала выполнить в виртуальной среде моделирования Gazebo для того, чтобы убедится в отсутствии некорректного поведения.

В рамках направления работы по средствам тестирования и отладки необходимо разработать сами средства тестирования и отладки. Которые будут использоваться разработчиками программных и аппаратных модулей

Также требуются отдельные модули тестирования интерфейса пользователя и канала передачи данных с нестабильной связью.

# Пользовательский интерфейс

Интерфейс пользователя должен быть, с одной стороны, простым и интуитивно понятным пользователю и, с другой стороны, достаточно гибким и функциональным для выполнения поставленной задачи.

Программное обеспечение пользовательского интерфейса должно быть реализовано посредством плагинов с возможностью динамически, во время выполнения программы, изменять интерфейс в зависимости от текущей выполняемой задачи.

Предполагается реализация интерфейса при помощи библиотеки Qt на языке C++.

# Стабильный канал передачи данных

Реализация решения по взаимодействию с роботом в условиях нестабильного канала данных требует создание самого решения в явном виде, которое будет реализовано на обоих сторонах: роботе и ПК оператора. Также требуется «прозрачная» реализация так, чтобы для отправления и принятия сообщений (или прочего взаимодействия) не требовалось модифицировать прочие модули.

Предполагается решение на языке C++.

# Построение карты и локализация положения робота

SLAM, Kinect, стереозрение

# Замена бортового контроллера на контроллер с ОС реального времени

Реализация L0 и L1 протоколов

Реализация L2 протокола

Предполагается реализация на контроллере с операционной системой реального времени на языке LabVIEW или C++.

# Манипуляция объектами и инструментами

Примеры задач:

* Вставка вилки в розетку
* Установить аккумулятор шуроповерта в зарядное устройство
* Повернуть кран в необходимое положение

# Сложные движения всем телом робота

Примеры задач:

* Падение робота с минимальными повреждениями
* Самостоятельное поднятие робота с лежачего положения
* Снять коробку с полки на пол
* Подвинуть коробку весом сопоставимую с весом робота
* Подвинуть тележку с грузом, превышающим вес робота