

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Разработка надежной системы навигации и контроля телеуправляемого робота и ее тестирование в виртуальном окружении.

Шепелев Д. А.

Научный руководитель
к.ф.-м.н.
Устюжанин А. Е.

Существующие технологии.

Роботы используются в:

- Медицине — робот Da Vinci
- Военном деле — роботы саперы и беспилотные разведчики, DARPA Grand Challenge
- Космосе — марсоход Curiosity
- Сфере массового обслуживания — автомобили Google
- ЧП — роботы ликвидаторы

Актуальность задачи создания автономных робототехнических систем

Данная задача решалась в рамках создания объединенной системы управления для роботов ликвидаторов. Автономная навигация позволяет добиться:

- автономной работы в условиях, в которых невозможно обеспечить постоянную и надежную связь с ПА;
- возможности самостоятельного возврата ПА в случае аварийной ситуации.

Создание объединенных систем

Для этого необходимо

- Выбрать датчики
- Создать виртуальную модель робота
- Создать контроллер
- Создание модуля автономной навигации
- Создание системы, позволяющей роботу в случае потери связи с оператором, в автономном режиме вернуться в начальную точку

Типы датчиков

Существует несколько основных типов датчиков, а именно:

- датчики перемещения, скорости и ускорения (акселерометры, гироскопы, энкодеры и др.);
- спутниковая навигация (GPS, ГЛОНАСС);
- камеры, стереокамеры;
- лазерные дальномеры;
- ультразвуковые сонары.

Выбор датчиков

Анализируя достоинства и недостатки датчиков, в качестве основного датчика было решено выбрать лазерный дальномер, так как лазерные дальномеры имеют наибольшие дальность измерений, скорость сбора информации и лучшую точность среди остальных датчиков. Так же дополнительно будет использован IMU датчик, для оценки одометрии.

Ограничения

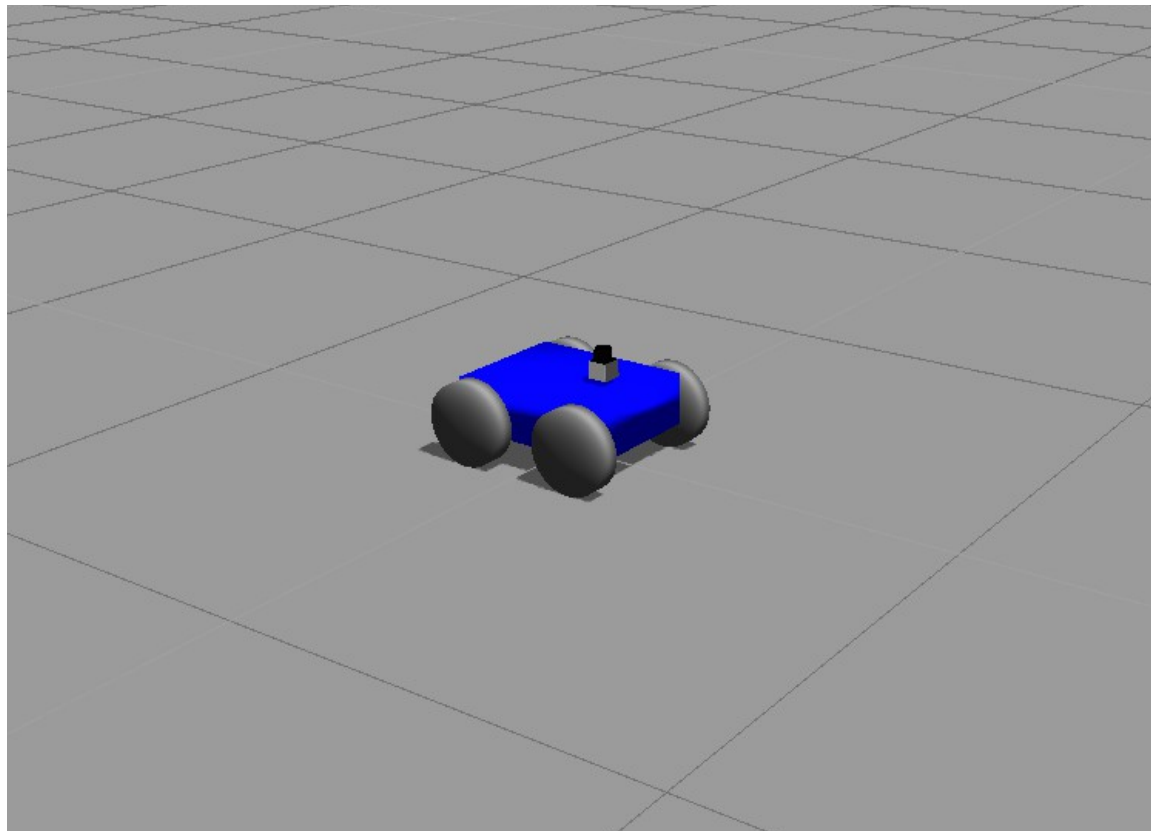
В качестве основного датчика был выбран 2D лазерный дальномер, что накладывает некоторые ограничения на рабочую среду робота:

- поверхность рабочей среды является плоскостью;
- луч лазера параллелен поверхности среды, датчик неподвижно закреплен на роботе;
- высота препятствий превосходят высоту, на которой находится лазерный дальномер;
- поверхности объектов среды не являются зеркальными и прозрачными поверхностями, гарантируется надежность измерения датчика.

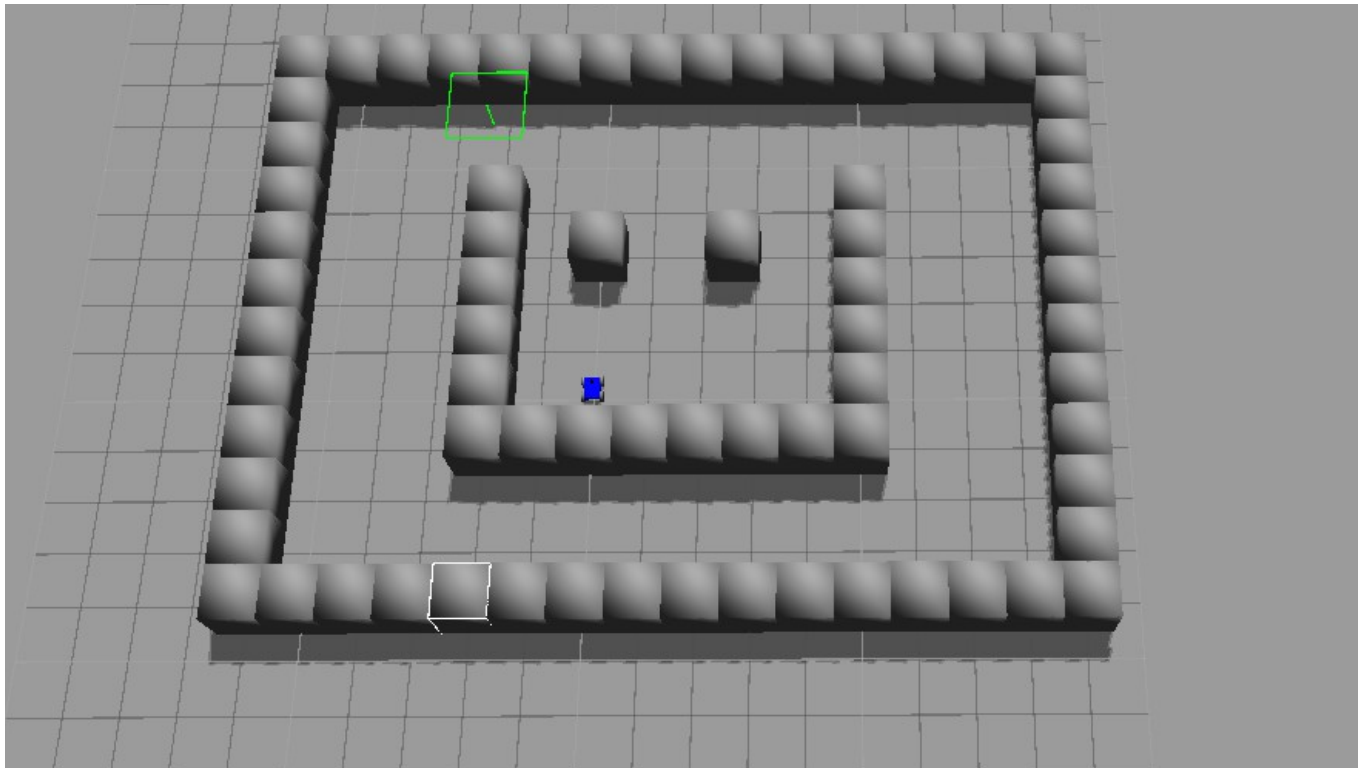
Введенные ограничения позволяют свести нашу задачу, к задаче автономной навигации на плоскости.

Создание виртуальных модели робота и рабочего окружения

Виртуальное рабочее окружение и модель робота, физические свойства робота, симуляция данных лазерного дальномера и IMU датчиков были смоделированы с помощью ПО Gazebo и Rviz.



Создание виртуальной модели робота и рабочего окружения



ПО робототехнических систем

При разработке было использовано ПО Robot Operating System (ROS).

ROS это:

- Архитектура операционной системы;
- Реализация используемых в этой работе основных алгоритмов:
 - Адаптивный метод Монте-Карло для определения координат робота на карте
 - Gmapping для построения карты
 - Планировщик маршрута navfn, использующий алгоритм Дейкстры
 - Контроллер робота base_local_planner, предоставляющий реализации методов TRA (Trajectory Rollout approach) и DWA(Dynamic Window approach)

Контроллер 4-колесного мобильного робота

Для контроллера робота была использована следующая модель управления колесами:

$$V_{lin} = w_{lin}/r$$

$$V_{rot} = w_{rot} \cdot k \cdot c/2$$

$$W_{left} = V_{lin} - V_{rot}$$

$$W_{right} = V_{lin} + V_{rot}$$

Были созданы модули управления роботом через джойстик/клавиатуру.

Одометрия мобильного робота

Одометрия — использование данных о движении приводов, для оценки перемещения. Одометрия помогает получить некоторую оценку положения робота. Эта оценка затем обычно используется в алгоритмах СЛАМ, в качестве начальной оценки положения и перемещения робота.

Главные минусы — неточность оценки, накопление ошибок

Одометрия мобильного робота

Одометрия рассчитывалась следующим образом:

$$v_{ang} = (W_{right} - W_{left}) \cdot r / c$$

$$v_{lin} = (W_{right} + W_{left}) \cdot r / 2$$

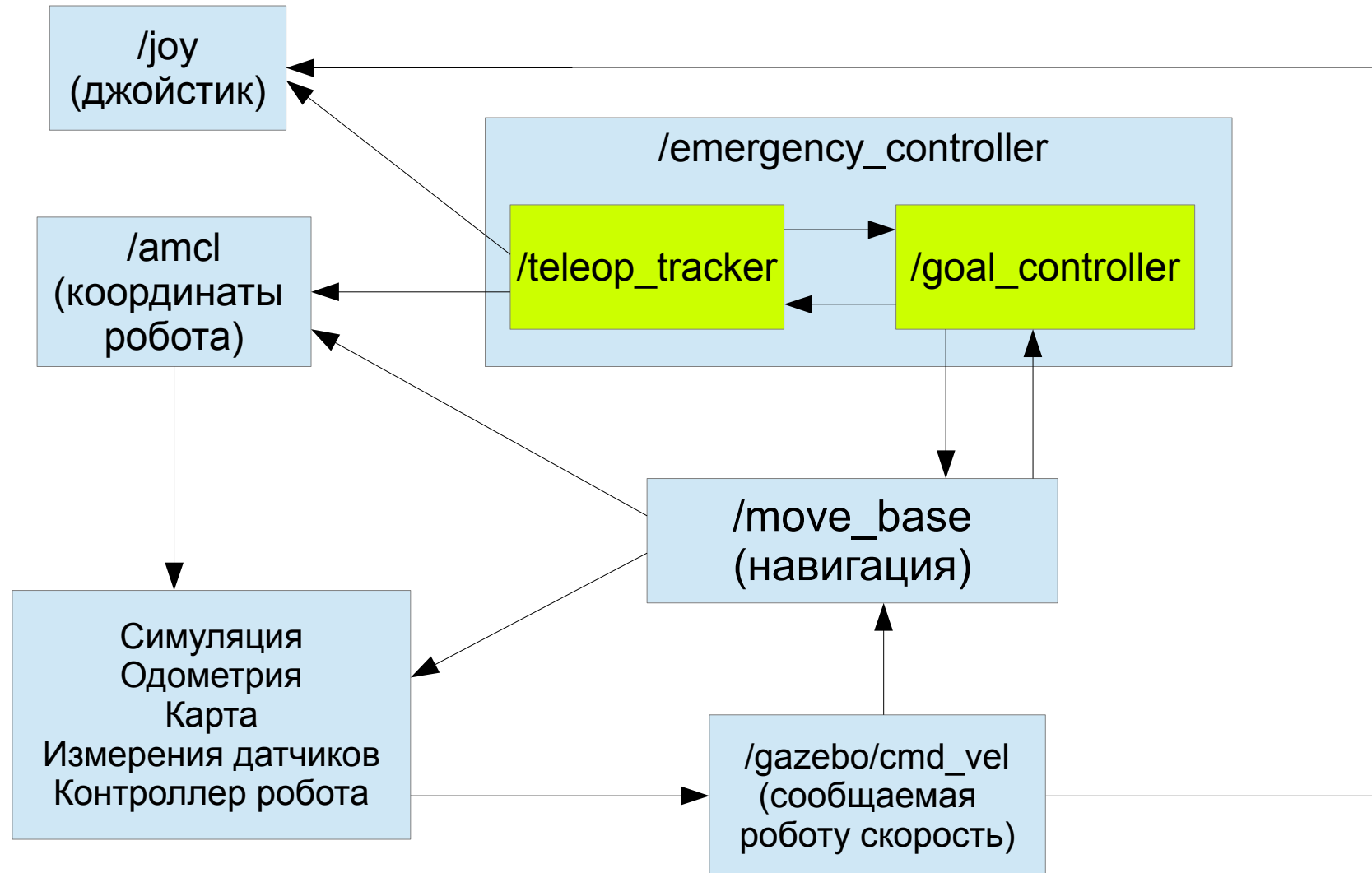
$$V_x = v_{lin} \cdot \cos(\theta)$$

$$V_y = v_{lin} \cdot \sin(\theta)$$

$$V_{\theta} = v_{ang}$$

Затем обрабатывались данные с IMU датчика с помощью модуля `robot_pose_ekf` (расширенный фильтр Калмана) для получения окончательных данных одометрии.

Система автоматического возвращения робота в случае потери связи с оператором



Дальнейшие планы

Далее планируется:

- Усовершенствование модуля `move_base`, в частности создание своего `local_base_controller`
- Установка и тестирование ультразвуковых сонаров, для обеспечения надежной работы в стесненных условиях
- Тестирование на реальном прототипе

Заключение

Были проанализированы современные типы датчиков используемые в робототехнических системах, проведен обзор современных решений и ПО, используемых для создания сложных робототехнических систем.

Были созданы:

- виртуальные модели 4-колесного робота и рабочей среды;
- контроллер 4-колесного робота;
- модуль автономной навигации и аварийного управления в случае потери оператором связи с мобильным роботом.