

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
Институт Математики и информационных технологий
Кафедра компьютерных наук и экспериментальной математики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой КНЭМ
Клячин В.А.
«___» _____ 20__ г.

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ на ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ
ПРАКТИКУ (ПРЕДДИПЛОМНАЯ)**

Студент	Курбанов Эльдар Ровшанович (ФИО)	МОСм-201 (группа)
---------	--	----------------------

Руководитель практики от ВолГУ	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор, д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
--------------------------------	----------------------	--

Ответственный за организацию практики от кафедры	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор, д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
--	----------------------	--

Место прохождения практики	Лаборатория «Математического и программного обеспечения ЭВМ» кафедры КНЭМ ИМИТ ФГАОУ ВолГУ (наименование учреждения, структурного подразделения)	
----------------------------	---	--

Сроки прохождения практики	с «29» апреля 2022 г.	по «16» мая 2022 г.
----------------------------	-----------------------	---------------------

1. Содержание и задания практики:

№ п/п	Этапы практики	Содержание работы и задания этапов	Коли- чество ча- сов	Календа- рные сроки проведе- ния	Форма отчётно- сти
1	Подгото- витель- ный этап	Решение организационных вопросов: установочная конференция, знакомство с задачами и программой практики, требованиями к отчетной документации; знакомство с объектами и особенностями предстоящей деятельности; инструктаж по технике безопасности	10	29.04.2022	Собесе- дование
2	Ориенти- ровочный этап	Знакомство с базовой организацией практики, изучение и анализ/обзор нормативно-правовой документации; знакомство с методами работы; изучение/обзор литературы; знакомство с методами исследования.	18	30.04.2022- 04.05.2022	Собесе- дование. Пись- менный отчет (часть).

3	Основной этап	Подготовка научно-аналитического обзора по выбранной тематике на основе последних публикаций в российских и зарубежных журналах для анализа существующих решений по заданной предметной области. Построение функциональной модели или диаграммы классов для описания поставленной задачи (Описание структурных элементов исследования, их связи, возможные форматы представляемых в системе данных. Анализ особенностей решаемой задачи.). Представление методов оценки качества проектного решения (например, результатов тестирования).	60	05.05.2022-12.05.2022	Письменный отчёт (часть).
4	Заключительный этап	Подготовка отчета о прохождении практики. Выступление с докладом-презентацией.	20	13.05.2022-16.05.2022	Письменный отчет (оформление). Представление/защита результатов практики.

2. Планируемые результаты практики:

студент должен знать: основы в области математики, программирования и информационных технологий; методы построения научной работы, современные методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; основы построения научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языках; особенности распоряжения правами на результаты интеллектуальной деятельности; формы и методы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности; современными технологиями проектирования и производства программного продукта; направления развития: компьютеров с традиционной (нетрадиционной) архитектурой; современных систем программных средств, операци-

онных систем, операционных и сетевых оболочек, сервисных программ; тенденции развития функций и архитектур проблемно-ориентированных программных систем и комплексов в профессиональной деятельности; концептуальные положения функционального, логического, объектно-ориентированного и визуального направлений программирования, методы, способы и средства разработки программ в рамках этих направлений; современные методы разработки и реализации алгоритмов математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; основные стандарты, нормы и правила разработки технической документации программных продуктов и программных комплексов.

студент должен уметь: находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий; решать научные задачи в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой; решать задачи, связанные с использованием результатов интеллектуальной деятельности и средств индивидуализации для создания инновационной продукции и услуг, в том числе ориентированных на зарубежные рынки; использовать технологии проектирования при создании программных продуктов; программировать для компьютеров с различной современной архитектурой; программировать в рамках функционального, логического, объектно-ориентированного и визуального направлений; разрабатывать и реализовывать алгоритмы математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; подготовить техническую документацию программных продуктов.

студент должен владеть умениями: научно-исследовательской деятельности в области программирования и информационных технологий; выступлений и научной аргументации и профессиональной деятельности; выполнять оценку преимуществ новой технологии по сравнению с аналогами; применения технологий проектирования при создании программных продуктов; выбора архитектуры и комплексирования современных компьютеров, систем, комплексов и сетей системного администрирования; разработки программ в рамках функционального, логического, объектно-ориентированного и визуального направлений; разработки и реализации алгоритмов их на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования; подготовки технической документации.

Студент

(подпись)

(расшифровка подписи)

Руководитель практики от ВолГУ

(подпись)

Клячин В.А.

(расшифровка подписи)

Ответственный за организацию
практики от кафедры

(подпись)

Клячин В.А.

(расшифровка подписи)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»
Институт математики и информационных технологий
Кафедра компьютерных наук и экспериментальной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой КНЭМ

Клячин В.А.

«___» _____ 20___ г.

**ОТЧЕТ
О ПРОХОЖДЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ
(ПРЕДДИПЛОМНАЯ)**

Студент	Курбанов Эльдар Ровшанович (ФИО)	МОСм-201 (группа)
Руководитель практики от ВолГУ	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор., д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Ответственный за организацию практики от кафедры	Клячин В.А. (ФИО)	зав. кафедрой КНЭМ, профессор., д.ф.-м.н. (должность, ученое звание и степень)
Место прохождения практики	Лаборатория «Математического и программного обеспечения ЭВМ» кафедры КНЭМ ИМИТ ФГАОУ ВолГУ (наименование учреждения, структурного подразделения)	
Сроки прохождения практики	с «29» апреля 2022 г.	по «16» мая 2022 г.

1. Ход выполнения практики

№ п/п	Этап практики	Дата	Описание выполненной работы	Отметки руководителя о выполнении
1	Подгото- витель- ный этап	29.04.2022	Решение организационных вопросов: установочная конференция, знакомство с задачами и программой практики, требованиями к отчетной документации; знакомство с объектами и особенностями предстоящей деятельности; инструктаж по технике безопасности	
2	Ориенти- ровочный этап	30.04.2022- 04.05.2022	Знакомство с базовой организацией практики, изучение и анализ/обзор нормативно-правовой документации; знакомство с методами работы; изучение/обзор литературы; знакомство с методами исследования.	
3	Основной этап	05.05.2022	Подготовка научно-аналитического обзора по выбранной тематике на основе последних публикаций в российских и зарубежных журналах для анализа существующих решений по заданной предметной области.	
		06.05.2022- 11.05.2022	Построение функциональной модели или диаграммы классов для описания поставленной задачи (Описание структурных элементов исследования, их связи, возможные форматы представляемых в системе данных. Анализ особенностей решаемой задачи.).	

		12.05.2022	Представление методов оценки качества проектного решения (например, результатов тестирования).	
4	Заключи-тельный этап	13.05.2022-16.05.2022	Подготовка отчета о прохождении практики. Выступление с докладом-презентацией.	

Студент

(подпись)

Курбанов Э.Р.

(расшифровка подписи)

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ОТ УНИВЕРСИТЕТА

Зачёт по практике принят
с оценкой

(по 5-балльной шкале)

(по 100-балльной шкале)

Ответственный за
организацию практики от
кафедры
«_____» _____ 20____ г.

(подпись)

Клячин В.А.
(расшифровка подписи)

Руководитель практики
от ВолГУ
« » 20 г.

(подпись)

Клячин В.А.
(расшифровка подписи)

Приложения¹

Содержание

1. Описание предметной области	10
1.1. Основы ROS	10
1.2. Концепции ROS	11
2. Реализуемые узлы	12
2.1. Узел камеры	12
2.2. Узел LIDAR	13
2.3. Узел движения	14
2.3.1. Аппаратное управление двигателями	15
2.3.2. Одометрия	16
2.4. Узел SLAM	17

¹Приложения к отчету о прохождении практики: (приводятся материалы, указанные в индивидуальном плане на практику в графе «Форма отчетности», например, научно-исследовательская работа, презентации, конспект занятия и т.д.).

Введение

Темой выпускной квалификационной работы является «Система управления и формирования поведенческой стратегии автономного мобильного робота на основе визуального анализа окружающего пространства».

Целью ВКР² является создание автономной системы управления мобильным роботом, а также системы самостоятельно принимающей решения о движении данного робота на основе визуальных данных, собираемых с лазерного сканера LiDAR, а также видеокамеры, установленной на шасси робота.

Задачей ВКР является построение роботизированной системы, и разработка программного обеспечения, выполняющую цель выпускной квалификационной работы.

1. Описание предметной области

Программное обеспечение мобильного автономного робота будет работать на базе **Robot Operating System (ROS)** - гибкого фреймворка³, предоставляющего различные инструменты и библиотеки для написания роботизированного программного обеспечения.



Рис. 1. Логотип Robot Operating System

ROS предоставляет несколько мощных функций, помогающих разработчикам в таких задачах, как передача сообщений, распределение вычислений, повторное использование кода и реализация современных алгоритмов для роботизированных приложений[2].

1.1. Основы ROS

В общем случае, ROS представляет собой инструмент, позволяющий связывать несколько независимых программных модулей при помощи сервисов и узлов, которые могут передавать друг другу сообщения в различном формате.

Большими преимуществами использования данного фреймворка является возможность передачи сообщений по локальной сети⁴ и обширная библиотека уже реализованного ПО, которое можно без относительно больших затрат по времени интегрировать в

²Выпускная квалификационная работа

³Программная среда для выполнения чего-либо, своеобразный каркас, используемый для того, чтобы существенно облегчить процесс объединения определённых компонентов программного обеспечения в зависимости от потребностей[1].

⁴LAN

свой проект. На момент написания данного отчёта по практике глобальный репозиторий ROS Index, находящийся по адресу <https://index.ros.org/stats/> насчитывает 2455 подключённых к нему сторонних репозиториев и 6927 пакетов. Диаграмму распределения пакетов по разным версиям ROS можно увидеть на Рисунке 2[5].

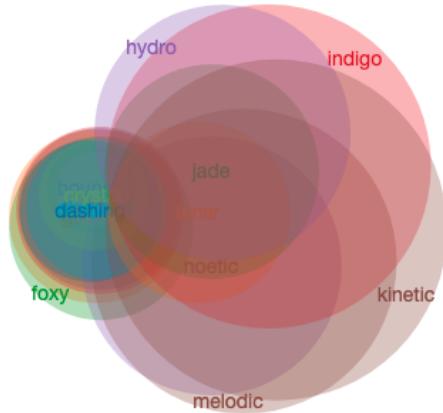


Рис. 2. Диаграмма, показывающая статистику распределения пакетов для различных версий ROS из глобального репозитория ROS Index

1.2. Концепции ROS

Ниже приведён список концепций рассматриваемого фреймворка для понимания описываемой в данном отчёте:

- **Узел** - это процесс, выполняющий вычисления. Каждый узел написание с использованием клиентских библиотек ROS. Используя методы связи, узлы могут общаться друг с другом и обмениваться данными. Для этого создаются узлы-подписчики, и узлы-публикаторы.
- **Мастер** - обеспечивает регистрацию и работоспособность запущенных узлов.
- **Сообщение** - простая структура данных, содержащая типизированное поле, которое может содержать целый набор данных, отправляемых на другой узел. Помимо стандартных типов сообщений⁵ возможна отправка заранее обозначенных собственных типов сообщений.
- **Топик** - именованная шина данных, используемая узлами для отправки сообщений. Публикующий и подписанный узел не знают о существовании друга друга. Благодаря тому что каждая тема имеет уникальное имя, любой узел может получить доступ к данному топику и отправляет через него данные, при условии соблюдения заранее оговорённых передаваемых типов, данным топиком
- **Сервисы** - реализация удалённого вызова процедур⁶ в ROS. В некоторых случаях модель связи публикации и подписки может не подходить. В этих случаях и применяют взаимодействия в виде сервисов (схема запрос/ответ), при котором один

⁵Такие как целые, с плавающей точкой, логические, строковые...

⁶RPC

узел может запросить выполнение процедуры для другого узла, ожидая какого-то обязательного ответа⁷[2].

Схема взаимодействия ROS изображена на Рисунке 3[6].

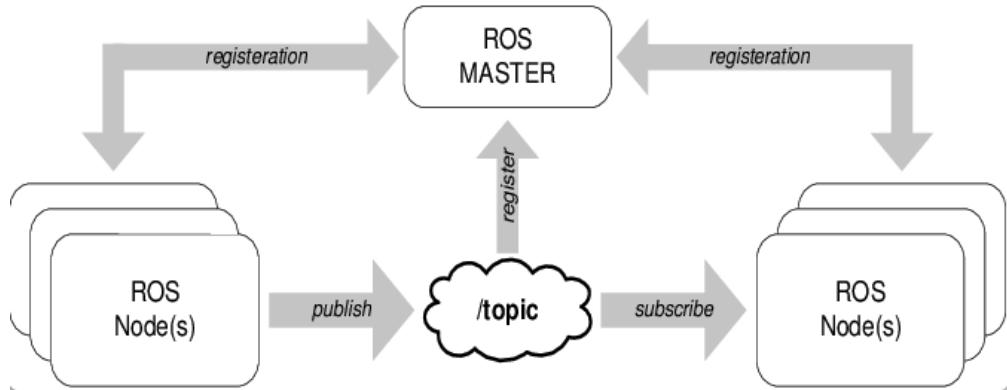


Рис. 3. Схема взаимодействия ROS

2. Реализуемые узлы

В терминах ROS для решения задачи, поставленной в ВКР необходимо реализовать ряд узлов, которые будут взаимодействовать друг с другом.

2.1. Узел камеры

Для поиска объектов, встречающихся на пути следования робота, необходимо озабочиться реализацией одним из "органов чувств" робота - зрением.

Если на изображении будет обнаружен целевой объект, то роботу необходимо будет его локализовать, подъехать и обозначить его местоположения на карте местности, которая будет строиться исходя из показаний другого сенсора, установленного на роботе (подробнее в разделе 2.2. Визуализация такого обнаружения объектов на изображении показано на Рисунке 4).

Компьютер, которым оснащён робот предоставляет высокоскоростной интерфейс CSI[7], позволяющий читать изображение высокого разрешения с миниатюрной видеокамеры. В качестве видеокамеры выбрана Sony IMX219 с разрешением 3280 x 2464 пикселей и углом обзора 70 градусов, изображённая на Рисунке 5[8].

Задачи данного узла:

- Чтение «сырого» изображения с видеокамеры с шины CSI;

⁷В случае использования схемы с подписчиками и публикаторами доставка сообщений и ответ не гарантируются



Рис. 4. Пример распознавания двух целевых объектов роботом



Рис. 5. CSI камера для Nvidia Xavier NX

- Преобразование считанных данных в формат «`sensors_msgs/Image`», приведённой в Листинге 1[9];
- Публикация в соответствующий ROS топик `"/image"`.

Листинг 1. Формат сообщения `sensors_msgs/Image`

```
std_msgs/Header header
uint32 height
uint32 width
string encoding
uint8 is_bigendian
uint32 step
uint8[] data
```

2.2. Узел LIDAR

Данный узел будет являться вторым органом зрения робота, обеспечивая его информацией об окружающем пространстве на расстоянии от 10 см до 10 метров. Обеспечивать такое зрение будет лазерный сканер YDLIDAR X4, изображённый на рисунке 6[3].

Он подключается по серийному порту и способен считывать облако точек с частотой до 12 Гц[3].



Рис. 6. YDLIDAR X4

В задачи данного узла входит:

- Чтение «сырых» данных об интенсивности отражения лазера от объекта;
- Перевод этих данных в формат «sensor_msgs/LaserScan», приведённой в Листинге 2[10];
- Публикация в ROS топик "/scan".

Листинг 2. Формат сообщения sensor_msgs/LaserScan

```
std_msgs/Header header
float32 angle_min
float32 angle_max
float32 angle_increment
float32 time_increment
float32 scan_time
float32 range_min
float32 range_max
float32[] ranges
float32[] intensities
```

Результатом работы данного узла является облако точек, которое показывает препятствия вокруг робота[4]. Пример визуализации можно увидеть из программы RVIZ на Рисунке 7[11].

2.3. Узел движения

Для того чтобы приводить шасси робота, изображённое на Рисунке 8 в движение, необходимо контролировать два установленных на него электродвигателя.

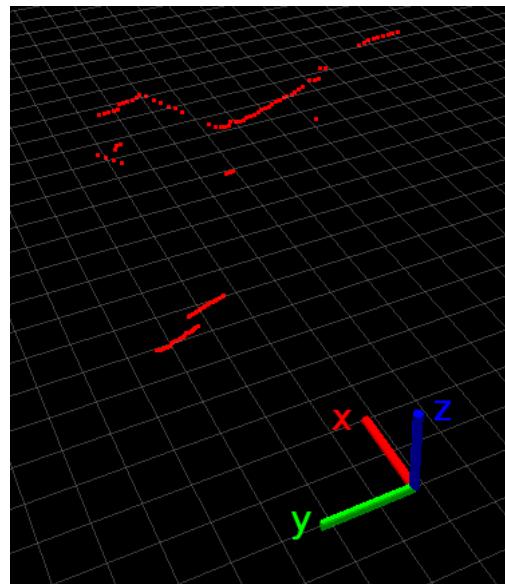


Рис. 7. Пример визуализации облака точек

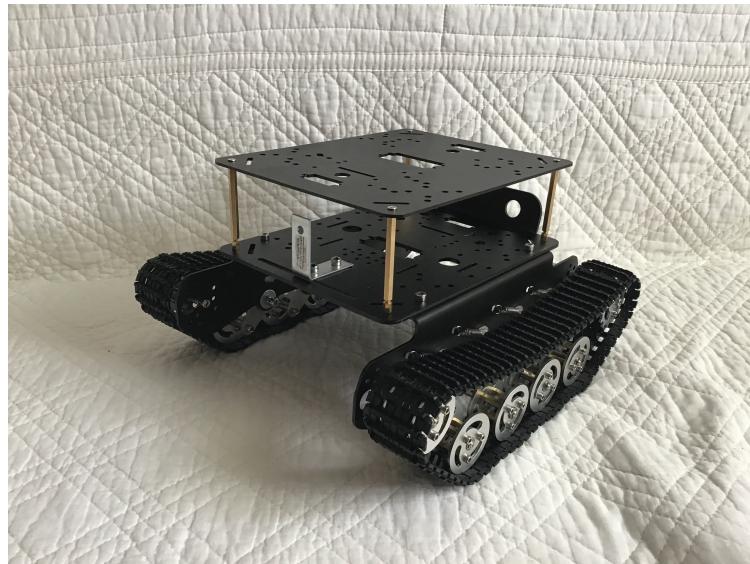


Рис. 8. Шасси робота

С этой задачей необходимо правильно работать как с аппаратной, так и с программной стороны. Для этого необходимо:

- Одновременно управлять силой тока двух электродвигателей;
- Определять расстояние и направление, пройденное каждой гусеницей;
- Без задержек взаимодействовать с остальными участниками сети ROS.

2.3.1. Аппаратное управление двигателями

Для того чтобы обеспечить неукоснительное команд от управляющего узла ROS в виде показанного на Листинге 3[12] формата сообщения «geometry_msgs/Twist» и

соблюдать заданную скорость и направление движения, необходимо уметь регулировать уровень электрического входного напряжения на каждом двигателе по отдельности при помощи ШИМ-модуляции⁸, схематично изображённой на Рисунке 9[13]. При этом устройство, выполняющее данную задачу должно быть интерфейсно совместимо с управляющим компьютером.

Листинг 3. Формат сообщения geometry_msgs/Twist
 geometry_msgs/Vector3 linear
 geometry_msgs/Vector3 angular

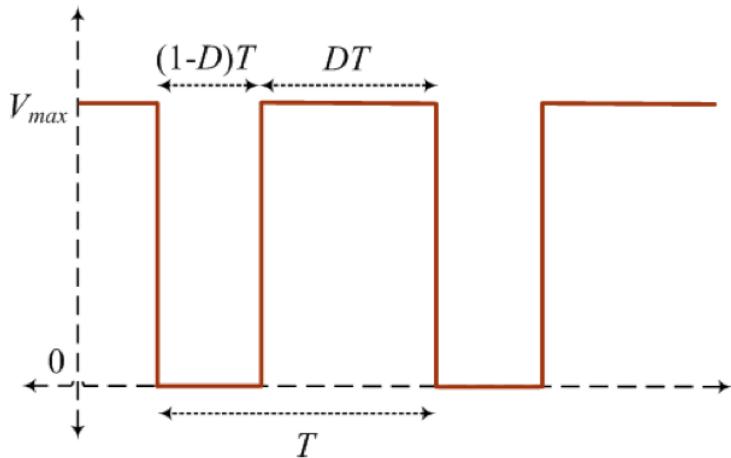


Рис. 9. Импульсный сигнал

В качестве такого устройства было выбран двухканальный драйвер двигателя Grove Motor Driver, изображённый на Рисунке 10. В его сердце лежит управляющий чип L298 и он может управлять двигателями с уровнем напряжения от 2.5В до 13.5В[14]. Интерфейс управления - I2C, совместимый с управляющим компьютером робота.

2.3.2. Одометрия

Одометрия - использование данных о движении приводов, для оценки перемещения. В данном случае, нам нужно отслеживать перемещения двух гусениц на шасси. Для решения данной задачи необходимо получать информацию о фактических оборотах электродвигателей робота, так как по каким-либо физическим причинам она может отличаться от ожидаемой.

Для подсчёта фактических оборотов будут использоваться датчики Холла, встроенные в электродвигатель робота. Схематично они изображены на Рисунке 11[15]. Выходными данными датчиков является электрический импульс (в нашем случае 3.3В) при прохождении колесом двигателя определённой точки[16].

С программной стороны в реальном времени мы должны подсчитывать данные импульсы и на основе очерёдности сигналов с двух датчиков Холла, установленных на

⁸Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) - метод используемый для регулирования эффективного напряжения, подаваемого на двигатель, с целью изменения скорости вращения. Изменение подаваемого на двигатель напряжения с помощью потенциометра незэффективно, поскольку сопротивление двигателя намного меньше, чем сопротивление потенциометра, в результате чего последний использует всю мощность источника напряжения[13].

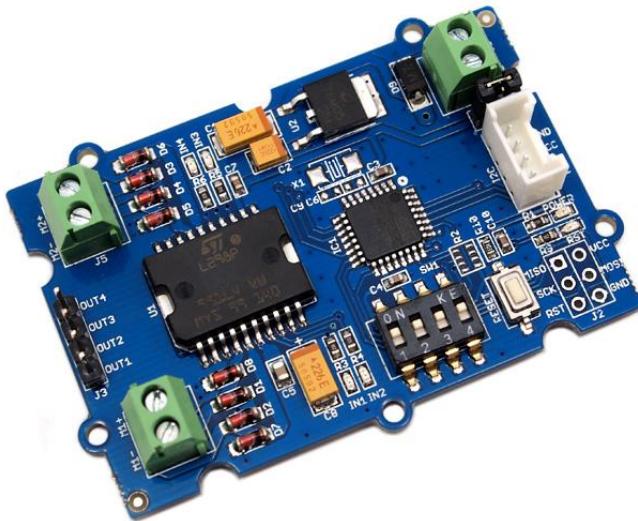


Рис. 10. Драйвер двигателя Grove Motor Driver

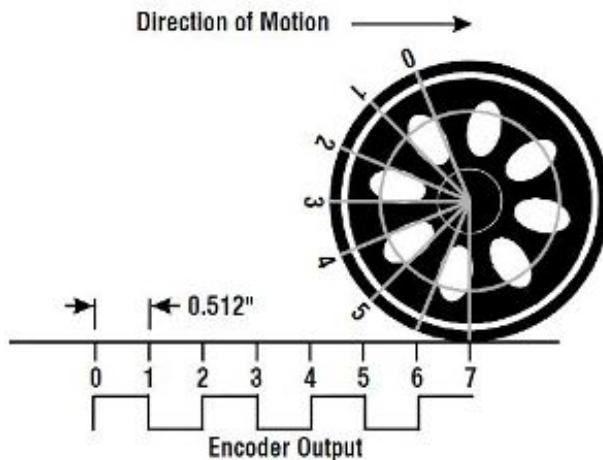


Рис. 11. Схематичное изображение датчиков Холла

оба электродвигателя делать вывод о направлении движения, а также публиковать сообщение одометрии в стандартном формате сообщений ROS «nav_msgs/Odometry», описанном в Листинге 4 [17]. Схематично это можно увидеть на Рисунке 12.

Листинг 4. Формат сообщения nav_msgs/Odometry

```
std_msgs/Header header
string child_frame_id
geometry_msgs/PoseWithCovariance pose
geometry_msgs/TwistWithCovariance twist
```

2.4. Узел SLAM

Программным сердцем данной работы является узел SLAM⁹, реализуемый открытой программной реализацией Google Cartographer. SLAM (одновременная локализа-

⁹Simultaneous Localisation and Mapping

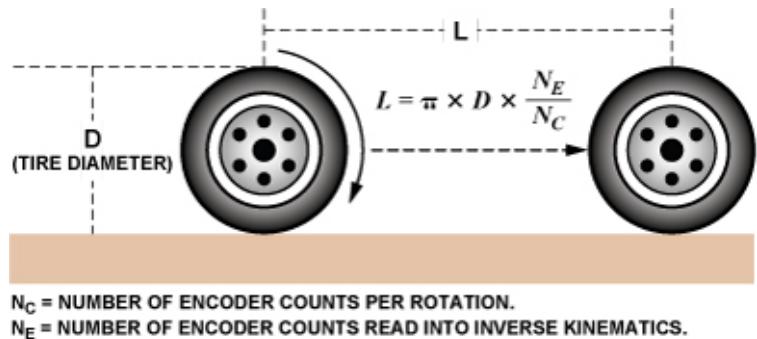


Рис. 12. Пример расчёта расстояния при помощи датчиков Холла

ция и картографирование) — это метод, используемый для автономных транспортных средств, который позволяет одновременно создавать карту и локализовать себя на ней. Алгоритмы SLAM позволяют картографировать неизвестные среды и обычно это используется для выполнения таких задач, как планирование пути и обход препятствий [18].

Для определения препятствий будет использоваться облако точек, приходящее от LiDAR. На основе получаемого облака и текущего местоположения робота, которое высчитывается исходя из данных одометрии, мы будем строить карту местности, изображённую на Рисунке 13.

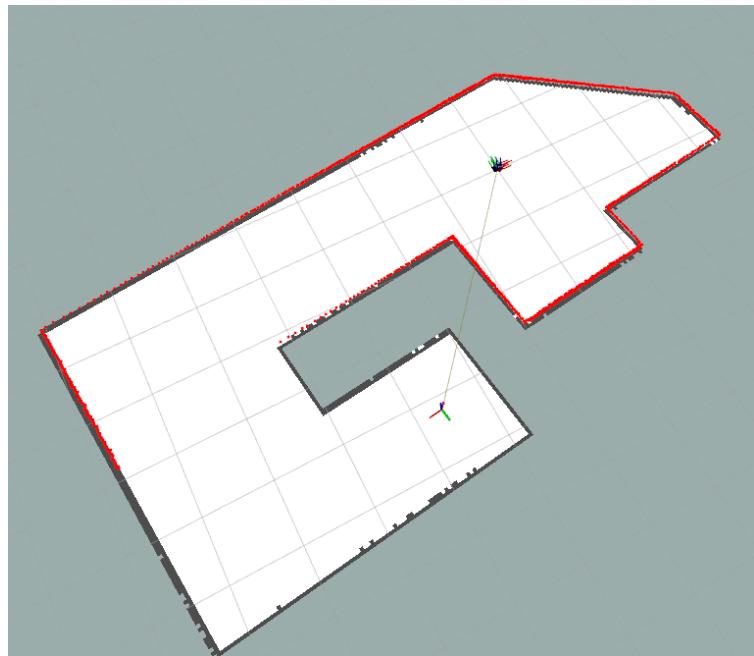


Рис. 13. Карта местности, построенная при помощи лазерного сканирования

Эта карта позволит роботу самостоятельно прокладывать маршрут до следующей планируемой точки. Выбор планируемой точки осуществляется следующим образом:

- 1) Если в кадре есть целевой объект и ранее он не был обозначен на карте, мы стремимся к нему;
- 2) Если мы находимся достаточно близко к целевому объекту, помечаем его на карте и выбираем следующую точку;

- 3) Во всех остальных случаях мы выбираем следующую случайную точку близкой к неисследованной области с возможным безпрепятственным проездом туда.

Заключение

Таким образом был разработан и описан мобильный автономный робот, изображённый на Рисунке 14 с функцией поиска целевых объектов на карте, который может быть применён в задачах по исследованию опасных объектов, разведке и сборе данных. Безусловно, данная модель для применения в реальных задачах требует значительных доработок в плане точности движения и локализации, и не является идеальной.



Рис. 14. Робот

Список литературы

- [1] FructCode. Фреймворк - важный инструмент программиста. Обзор HTML/CSS, PHP и Python-фреймворков. - URL: <https://fructcode.com/ru/blog/features-of-popular-frameworks-html-css-php-and-python-frameworks/> (дата обращения: 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [2] Lentin Joseph. Mastering ROS for Robotics Programming: Second Edition / Lentin Joseph, Jonathan Cacace. - Birmingham - Mumbai: Packt Publishing Ltd, 2018. - 552 c. - Текст: непосредственный. - с. 7, 20.
- [3] Hefei Fidurobot Store. Лазерный Радар-сканер EAI YDLIDAR X4 LIDAR модуль датчика диапазона 10 метров 5 кГц Диапазон частоты EAI YDLIDAR-X4 для ROS. / AliExpress - URL: <https://aliexpress.ru/item/32908156152.html> (дата обращения: 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [4] Lentin Joseph. Mastering ROS for Robotics Programming / Birmingham - Mumbai: Packt Publishing Ltd, 2015. - 451 c. - Текст: непосредственный. - с. 270

- [5] ROS Index stats. - URL: <https://index.ros.org/stats/> (дата обращения 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [6] del Corral Tercero, Gonzalo, Macías, Miquel. Training a drone using ROS and OpenAI Gym. / ResearchGate - URL: https://www.researchgate.net/publication/338897000_Training_a_drone_using_ROS_and_OpenAI_Gym (дата обращения: 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [7] JetsonHacks. NVIDIA Jetson Xavier NX GPIO Header Pinout. - URL: <https://jetsonhacks.com/nvidia-jetson-xavier-nx-gpio-header-pinout/> (дата обращения: 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [8] DIYzone Store. 8MP камера для Nvidia Jetson Nano 160 ° 220 ° FOV IMX219 фокусное регулируемое 3280 × 2464 1080р3 0/720р6 0/640 × 480р90 модуль видеокамеры. / AliExpress - URL: <https://aliexpress.ru/item/33052983899.html> (дата обращения: 15.05.2022). - Текст: электронный.
- [9] Robot Operating System, sensor_msgs/Image Message - URL: http://docs.ros.org/en/noetic/api/sensor_msgs/html/msg/Image.html (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [10] Robot Operating System, sensor_msgs/LaserScan Message - URL: https://docs.ros.org/en/noetic/api/sensor_msgs/html/msg/LaserScan.html (дата обращения 12.05.2022). Текст: электронный.
- [11] Dr Rainer Hessmer, 2d SLAM with ROS and Kinect - URL: <http://www.hessmer.org/blog/2011/04/10/2d-slam-with-ros-and-kinect/> (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [12] Robot Operating System, geometry_msgs/Twist Message - URL: https://docs.ros.org/en/lunar/api/geometry_msgs/html/msg/Twist.html (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [13] Quanser, Широтно-импульсная модуляция / Центр технологий National Instruments - URL: <https://clk.ru/h3Ndo> (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [14] seeed studio, Grove - I2C Motor Driver V1.3 - URL: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-I2C_Motor_Driver_V1.3 (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [15] RoboCraft, Одометрия - URL: <https://robocraft.ru/technology/736?ysclid=1372wdcn27> (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [16] А.Кобус, Я. Тушинский. Датчики Холла и магниторезисторы / Издательство "Энергия". - Москва, 1971. - 352 с. - Текст: непосредственный. - с. 265.
- [17] Robot Operating System, nav_msgs/Odometry Message - URL: https://docs.ros.org/en/noetic/api/nav_msgs/html/msg/Odometry.html (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.
- [18] MathWorks, SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) - URL: <https://www.mathworks.com/help/vision/ug/simultaneous-localization-and-mapping.html>

mathworks.com/discovery/slam.html (дата обращения 15.05.2022). Текст: электронный.